

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-309673

(P2001-309673A)

(43)公開日 平成13年11月2日(2001.11.2)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 2 N 2/00		H 0 2 N 2/00	B 5 D 0 4 2
G 1 1 B 5/596		G 1 1 B 5/596	5 D 0 5 9
	21/10	21/10	N 5 D 0 9 6
	21/21	21/21	C
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	J
審査請求 有 請求項の数36 O L (全 33 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-26991(P2001-26991)

(22)出願日 平成13年2月2日(2001.2.2)

(31)優先権主張番号 特願2000-37801(P2000-37801)

(32)優先日 平成12年2月16日(2000.2.16)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 入江 庸介

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 横山 和夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100095555

弁理士 池内 寛幸 (外5名)

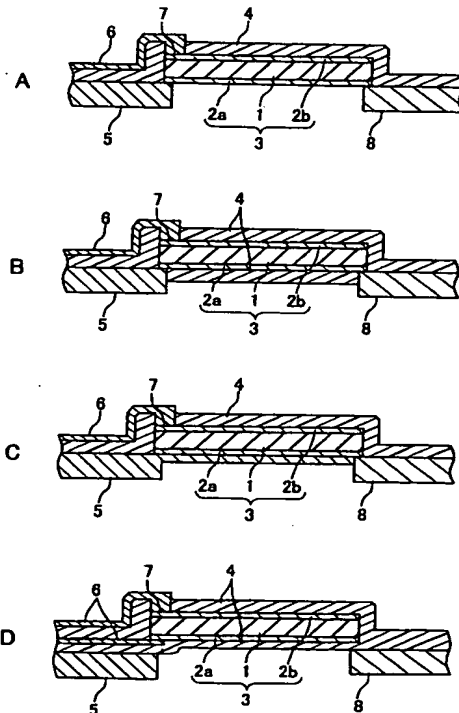
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アクチュエータと情報記録再生装置およびアクチュエータの製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】薄い膜厚のアクチュエータの圧電部材を、合成樹脂製の形状保持板により補強することにより、剛性を高めて共振周波数を調整する。

【解決手段】アクチュエータは形状保持板(4)と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材(1)と、前記圧電部材(1)を挟み込むように形成された一対の電極(2a, 2b)とを備えたアクチュエータであって、前記形状保持板(4)として合成樹脂を用いる。圧電素子を接着剤を用いることなく素子化することができ、さらに素子の微細化、自由な設計が可能である。また、従来の圧電素子と比較して格段に変位を得ることができる。特に磁気ヘッドなどのアクチュエータとして応用した場合、高精度に制御可能なアクチュエータと情報記録再生装置を実現することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一对の電極とを備えたアクチュエータであって、前記形状保持板が合成樹脂であることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項2】圧電部材を厚み1.0～5.0 μ mの範囲の薄膜で形成し、前記圧電部材の厚み方向のたわみを利用して駆動させる請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項3】合成樹脂が厚み1.0～10.0 μ mの範囲のフォトリソグレイである請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項4】合成樹脂が、ポリイミド樹脂を含むポジ型感光性樹脂及びポリベンゾオキサゾール樹脂から選ばれる少なくとも一つの樹脂である請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項5】合成樹脂を電気絶縁層として用いる請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項6】合成樹脂が、アクチュエータの駆動に用いる駆動線または信号を送る信号線の電気絶縁層である請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項7】前記アクチュエータの駆動線をアクチュエータを形成する面に対して、少なくとも1つ以上屈曲部を有して引き出す請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項8】前記駆動線が形成される基板の少なくとも一部分がエッチングで除去されている請求項7に記載のアクチュエータ。

【請求項9】前記駆動線は少なくとも電気絶縁層の合成樹脂、銅及びカバー層の合成樹脂からなる請求項7に記載のアクチュエータ。

【請求項10】前記駆動線は主成分が銅で形成され、その表面を合成樹脂が電気絶縁層として被覆されている請求項7に記載のアクチュエータ。

【請求項11】主成分が銅の駆動線はメッキによって形成される請求項10に記載のアクチュエータ。

【請求項12】合成樹脂の下にさらに基板を備え、前記合成樹脂は形状保持板及び圧電部材を保護する保護層として用いられる請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項13】合成樹脂に機械的な強度を高めるために補強材を付加した請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項14】形状保持板と圧電部材との一体化が、圧電部材の表面に形状保持板となる樹脂を塗布し焼き付けによる一体化である請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項15】形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一对の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータを用い、さらに、ヘッドを搭載するスライダと、前記スライダを介してヘッドを支持するヘッド支持機構と、前記ヘッド支持機構を介してヘッドによるトラッキングするトラッキング手

段を有し、前記ヘッド支持機構が前記アクチュエータを備え、このアクチュエータを駆動することにより、前記ヘッドを微小に変位させることを特徴とする情報記録再生装置。

【請求項16】アクチュエータの駆動方向がディスク面に対して主に平行方向である請求項15に記載の情報記録再生装置。

【請求項17】形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一对の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータの製造方法であって、アクチュエータ形状に加工した基板に対して薄膜処理により下部電極を形成し、

圧電薄膜を形成し、

上部電極を形成し、

次に合成樹脂からなる形状保持板を形成することを特徴とするアクチュエータの製造方法。

【請求項18】前記アクチュエータを形成する基材の少なくとも一部分を合成樹脂で置き換えた請求項17に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項19】圧電薄膜の成膜時に基板に直接成膜する請求項17に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項20】合成樹脂を基板にスピンナー法、ロール法及び浸漬法から選ばれる少なくとも一つの方法で塗布する請求項17に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項21】合成樹脂を塗布した後、焼き付け、形状保持板と圧電部材とを一体化形成する請求項17に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項22】合成樹脂を塗布した後、基板の厚みをエッチングによって薄くするかまたは部分的に取り除く請求項17に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項23】合成樹脂をエッチングパターンとして基板をエッチングする請求項17に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項24】形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一对の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータの製造方法であって、基板に対して薄膜処理により下部電極を形成し、その後、圧電薄膜を形成し、さらに上部電極を形成した後、基板、下部電極、圧電薄膜及び上部電極をアクチュエータ形状に加工し、次に合成樹脂からなる形状保持板を形成することを特徴とするアクチュエータの製造方法。

【請求項25】前記アクチュエータを形成する基材の少なくとも一部分を合成樹脂で置き換えた請求項24に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項26】圧電薄膜の成膜時に基板に直接成膜する請求項24に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項27】合成樹脂を基板にスピンナー法、ロール法、浸漬法から選ばれる少なくとも一つの方法で塗布す

る請求項 2 4 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 2 8】合成樹脂を塗布した後、焼き付け、形状保持板と圧電部材とを一体化形成する請求項 2 4 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 2 9】合成樹脂を塗布した後、基板の厚みをエッチングによって薄くするかまたは取り除く請求項 2 4 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 0】合成樹脂をエッチングパターンとして基板をエッチングする請求項 2 4 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 1】形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一対の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータであって、基板に下部電極、圧電薄膜及び上部電極を成膜した後、リソグラフィ技術を用いてアクチュエータ形状に加工し、前記下部電極、圧電薄膜及び上部電極を合成樹脂で形成されたパターンに転写することを特徴とするアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 2】圧電薄膜の成膜時に基板に直接成膜する請求項 3 1 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 3】合成樹脂を基板にスピンナー法、ロール法、浸漬法から選ばれる少なくとも一つの方法で塗布する請求項 3 1 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 4】合成樹脂を塗布した後、焼き付け、形状保持板と圧電部材とを一体化形成する請求項 3 1 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 5】合成樹脂を塗布した後、基板の厚みをエッチングによって薄くするかまたは取り除く請求項 3 1 に記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 3 6】合成樹脂をエッチングパターンとして基板をエッチングする請求項 3 1 に記載のアクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明が属する技術分野】本発明は、様々な電子部品などに用いられるアクチュエータとその製造方法及びアクチュエータを用いた情報記録再生装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】圧電素子を用いたデバイス（圧電マイクロアクチュエータ）としては、庄子らによる「集積化化学分析システム用マイクロポンプの試作」電子情報通信学会論文誌 (C, vol. J71-C, No. 12 (1988), pp. 1705-1711) に示される通常閉止形のマイクロ弁や、マイクロポンプがあげられる。また、縦効果形圧電アクチュエータの応用例としては精密旋盤のダイヤモンド刃先の位置決めや、走査トンネル顕微鏡の針の駆動等がある。このように圧電素子をより小型化、高機能化する事によって、マイクロマシンやマイクロセンサ等への利用が検討されてお

り、これまで不可能とされてきた様々な分野において、微小かつ精密な制御が可能となることが期待されている。

【0 0 0 3】一方、HDD用のアクチュエータにおいては、HDD（ハードディスクドライブ）の高密度化にともなって、トラック幅の減少により、磁気ヘッドを媒体のトラックに合わせる（位置決めする）ことが困難になりつつある。

【0 0 0 4】従来の磁気ディスク装置において、磁気ヘッドのシーク駆動はボイスコイルモーター（VCM）またはロータリー型VCMを用いて行われていた。

【0 0 0 5】そのような背景をもとに、位置決め精度を向上させるためにHDD（ハードディスクドライブ）において、最近光ディスク関連（CD、MO、DVDなど）で用いられているような２段式のアクチュエータの使用の傾向がある。

【0 0 0 6】２段式のアクチュエータの方式としては、静電方式、圧電方式、磁歪方式などが一般的に上げられる。

【0 0 0 7】このような２段式アクチュエータの一例は、特開平 9 - 2 6 5 7 3 8 号公報に提案されている。これを図 2 4 に示す。同図に示すようにヘッドスライダ（図示なし）が固定されるヘッド支持機構（サスペンション 2 5）が磁気ディスク装置の粗動アクチュエータ（図示なし）に対して振動する構造が記載されている。この提案では磁気ディスク装置のトラック密度の向上に着目しており、図 2 4 ではヘッドスライダが固定されているヘッド支持機構（サスペンション 2 5）の粗動アクチュエータとの固定部であるヘッドマウントブロック（マウント部 2 2）の回転中心をはさんで一対のプレーナー型ピエゾ素子 2 3 を組み込み、それらを差動させることによりヘッド支持機構（サスペンション 2 5）を微小に揺動させ、ヘッド支持機構の先端に固定されたヘッドスライダ及びヘッド素子を微小変位させることができるようにしたものである。プレーナー型ピエゾ素子 2 3 は大きな変位を発生することはできないが、サスペンション 2 5 をヒンジ中心に微小回転させる事により、プレーナー型ピエゾ素子 2 3 の変位をヘッド素子位置では 8 倍に拡大している。この提案では粗動アクチュエータの位置決めとヘッド支持機構の微小な揺動によるヘッドスライダ及びヘッド素子の微小な位置決めを連動して行うことにより、ヘッド素子のトラック幅方向の位置決め精度が向上し、トラック密度を高くできると記載されている。また、この位置決め機構はサスペンション 2 5、マウント部 2 2、プレーナー型ピエゾ素子 2 3 が別々に形成された後、組立られたことが図 2 4 から容易に推測できる。

【0 0 0 8】以上のとおり従来技術の圧電素子は、一般的に発生変位／素子サイズが小さく、構造によって変位が拘束されてしまい変位／電圧（効率）が小さくなる問

題があった。また、圧電薄膜を用いた素子等の微細加工を必要とする製造プロセスにおいては、微細加工や接着剤などを用いることが困難であった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記従来の問題を解決するために、形状保持板材料として合成樹脂を用いる構造を用いて素子効率の改善と加工精度を向上したアクチュエータと情報記録再生装置およびアクチュエータの製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明のアクチュエータは、形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一対の電極とを備えたアクチュエータであって、前記形状保持板が合成樹脂であることを特徴とする。

【0011】次に本発明の情報記録再生装置は、形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一対の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータを用い、さらに、ヘッドを搭載するスライダと、前記スライダを介してヘッドを支持するヘッド支持機構と、前記ヘッド支持機構を介してヘッドをトラッキングするトラッキング手段を有し、前記ヘッド支持機構が前記アクチュエータを備え、このアクチュエータを駆動することにより、前記ヘッドを微小に変位させることを特徴とする。

【0012】次に本発明のアクチュエータの第1番目の製造方法は、形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一対の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータの製造方法であって、アクチュエータ形状に加工した基板に対して薄膜処理により下部電極を形成し、圧電薄膜を形成し、上部電極を形成し、次に合成樹脂からなる形状保持板を形成することを特徴とする。

【0013】次に本発明のアクチュエータの第2番目の製造方法は、形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一対の電極とを備え、前記形状保持板が合成樹脂であるアクチュエータの製造方法であって、基板に対して薄膜処理により下部電極を形成し、その後、圧電薄膜を形成し、さらに上部電極を形成した後、基板、下部電極、圧電薄膜及び上部電極をアクチュエータ形状に加工し、次に合成樹脂からなる形状保持板を形成することを特徴とする。

【0014】次に本発明のアクチュエータの第3番目の製造方法は、形状保持板と、前記形状保持板上に一体化して配置された圧電部材と、前記圧電部材を挟み込むように形成された一対の電極とを備え、前記形状保持板が

合成樹脂であるアクチュエータの製造方法であって、基板に前記下部電極、圧電薄膜及び上部電極を成膜した後、リソグラフィ技術を用いてアクチュエータ形状に加工し、前記下部電極、圧電薄膜及び上部電極を合成樹脂で形成されたパターンに転写することを特徴とする。

【0015】本発明によれば、圧電素子を接着剤を用いることなく素子化することができ、さらに素子の微細化、自由な設計が可能である。また、従来の圧電素子と比較して格段に変位を得ることができる。特に磁気ヘッドなどのアクチュエータとして応用した場合、高精度に制御可能なアクチュエータと情報記録再生装置を実現することができる。また、共振周波数が低く高速制御が困難な場合に小型化が必要となるが、小型化しても変位/電圧(効率)を効率よく取り出すことができる。また、薄膜化することで消費電力も下げることが可能である。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の圧電薄膜式アクチュエータおよびアクチュエータ機構、情報記録再生装置は以下の手段を用いて問題解決を行う。まず、アクチュエータ機構の単純構成は圧電薄膜、圧電薄膜を挟み込むように形成された一対の電極、薄膜を支持する形状保持板、デバイスとして機能するために必要な固定材からなる。

【0017】特に形状保持板部には合成樹脂からなるプラスチック材料を用いる。この構成を用いることで圧電薄膜の形状保持板部を柔軟構造にできるために、実質の変位も大きくする事が可能になる。デバイスとして機械的強度が低い場合には、圧電薄膜を挟み込むように形成された電極と形状保持板の間か形状保持板の外側(圧電薄膜と反対の面)、または形状保持板と反対の面の電極上に薄い金属膜、酸化膜を補強材として挿入する。または形状保持板部を構成する合成樹脂の厚みを厚くする。または、圧電素子を両面から合成樹脂で包むように形成する。

【0018】更に機械的強度が足りない場合には、圧電素子である駆動部に他の部品を用いて強度の足りない部分の補強を行う。このようにアクチュエータとして動作する役割部分と機械的強度を高める役割部分を別々に形成し、組み合わせる。

【0019】電極及び電極引き出し線は、形状保持板を構成する合成樹脂にスルーホールを空けて取り出す。このような構成によって、圧電薄膜の厚み方向のたわみを駆動手段として用いることが可能である。

【0020】また、これらはリソグラフィ技術を用いて作製するために非常に微細な構造が実現でき、合成樹脂を付随する事で一つの素子として単独に扱う事が可能となる。そのため、複雑な構造を作製することが可能で、例えばバイモルフ構造や積層構造、駆動合成構造等、単一素子を組み合わせるだけで二次元、三次元構造のあらゆる構成の圧電素子を実現できる。圧電素子を固定材に固定すればアクチュエータとして機能する。

【0021】以上の構成の圧電素子は最も単純な構成の圧電素子を作製し、それらを組み合わせて多様な構成を実現する手段であるが、リソグラフィ技術を用いて素子部を作製するときに素子部を二つ以上組み合わせて合成樹脂を付随することで上記構造やそれぞれの単一素子の合成を駆動に生かした圧電素子を一体形成する事も可能である。

【0022】次にハードディスクドライブ等のアクチュエータに応用する場合のアクチュエータ機構についての解決手段を説明する。

【0023】位置決め精度を向上させる必要性があるという問題については、大きな動きの得られる（ストロークを稼げる）アクチュエータを駆動源として変位縮小機構によりヘッド素子を保持するスライダを回転駆動させる構造をとる。前記において、大きな動きの得られるアクチュエータとは上記で述べた合成樹脂を付随する構造のアクチュエータを示す。

【0024】具体的にはヘッド支持機構のサスペンションとスライダ部の中間に当たる位置にアクチュエータを構成する少なくとも二つの駆動素子をディスク面に対して垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面に面对称となるように配置する。

【0025】スライダ部はディスクが回転するとその風圧で数十nm浮上する。このときディスクの回転速度が速くなればなるほどスライダとディスクとの間におおよそ数mN（ミリニュートン）の空気粘性摩擦力（スライダがディスクの回転方向に引っ張られる現象によって生じる摩擦力）が生じる。粘性摩擦力によってスライダがディスクの回転方向に引っ張られると、副微小駆動手段の駆動素子を有するサスペンションも、剛性が低い場合にはディスクの回転方向に引っ張られ、スライダの浮上量が不安定になるとともに副微小駆動手段も制御不可能になってしまう。そこで、サスペンションの剛性と副微小駆動手段の制御性の点からそれぞれの駆動素子はディスクに対して垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面と成す角度が15度以上になる角度で配置される。その両方の駆動素子に逆位相の電圧を印可して動作させることによりスライダを取り付けたヘッド支持機構を回転させ、ヘッド素子が構成されたスライダをディスク面に対して平行方向に回転させる事ができ高精度な位置決めが可能となる。このような構成は駆動素子部の形状保持板を柔軟な材料で構成しているため圧電素子のたわみ方向及びディスク面に垂直な方向の機械的強度が低くなる。

【0026】圧電素子部の機械強度が低い場合には、上記で述べたように圧電薄膜を挟み込むように形成された電極と形状保持板の間か、形状保持板の外側（圧電薄膜と反対の面）、または形状保持板と反対の面の電極上に薄い金属膜、酸化膜などを補強材として挿入する。または形状保持板部を構成する合成樹脂の厚みを厚くする。

または、圧電素子を両面から合成樹脂で包むように形成する。

【0027】更に機械的強度が足りない場合には、圧電素子である駆動部に他の部品を用いて強度の足りない部分の補強を行う。このようにアクチュエータとして動作する役割部分と機械的強度を高める役割部分を別々に構成し、組み合わせることで機械的強度を低下させることなく駆動変位を大きくできる。

【0028】アクチュエータ機構の別の構造としては、ヘッド支持機構のサスペンションとスライダ部の中間に当たる位置にアクチュエータを構成する少なくとも二つの駆動素子（圧電素子）をディスク面に対して平行に配置する。構造的には、両持ち梁的な構造をとり、1つの孔部を設けることにより、固定部と、可動部と、これらを接続する少なくとも2つの梁部とを一体的に形成し、少なくとも1つの梁部の少なくとも一部に、固定部と可動部とを結ぶ方向の伸縮（厚み方向のたわみ）が生じるように電極層（図示せず）を設けて変位発生部を構成し、変位発生部の伸縮（厚み方向のたわみ）に伴い発生する固定部に対する可動部の変位が、板状体の面内における弧状変位または回転変位となるように構成する。特に駆動部分の圧電素子の形状保持板を少なくとも合成樹脂を用いて作製し、非常に柔軟性を持たせて大きな変位を得る。具体的にはヘッド支持機構のサスペンションとスライダ部の中間に当たる位置に配置され、片方の固定部をサスペンションに、もう片方をスライダ部に固定する。

【0029】この構造の場合、圧電素子部に関して特にディスク面に対して垂直方向（重力方向）の機械的強度が低く、更にスライダをアクチュエータで支える構造をとるためにこの方向の機械的強度がかなり要求される。圧電素子部の機械強度が低い場合には、上記で述べたように圧電薄膜を挟み込むように形成された電極と形状保持板の間か形状保持板の外側（圧電薄膜と反対の面）、または形状保持板と反対の面の電極上に薄い金属膜、酸化膜を補強剤として挿入する。または形状保持板部を構成する合成樹脂の厚みを厚くする。または、圧電素子を両面から合成樹脂で包むように形成する。

【0030】更に機械的強度が足りない場合には、圧電素子である駆動部に他の部品を用いて強度の足りない部分の補強を行う。このようにアクチュエータとして動作する役割部分と機械的強度を高める役割部分を別々に構成し、組み合わせる。

【0031】駆動時のトルクが足りない場合には、このような構造のアクチュエータを組み合わせることで積層構造、駆動合成構造等を作製することが可能で二次元、三次元構造を用いたのあらゆる構成の圧電薄膜アクチュエータを実現できる。

【0032】また、このように機械的強度と変位の相互関係にあまり捕らわれる事なくアクチュエータ機構の構

造設計が可能である。

【0033】次に構造に伴って変位が拘束されてしまい変位／電圧（効率）が小さくなる欠点を解決する手段について説明する。

【0034】アクチュエータ部の駆動素子の駆動方向とヘッド素子が形成されているスライダ部の変位方向が殆ど平行方向となるような構成にすることで駆動素子が発生させる変位をヘッド素子を具備するスライダに効率よく伝える事ができる。一般的に、駆動変位と剛性（機械的強度）は逆比例の関係にあり、駆動変位を大きくしようとすると剛性を低下させなければならず、逆に剛性を高めれば駆動変位を低下させる。この一番の原因はスライダを重力に逆らって支持する部材とディスクから受ける粘性摩擦力に耐える剛性部材、主駆動部が駆動から停止に至る時の慣性力に耐える剛性部材などの部材と変位を発生させる駆動部の部材を同じ部材で構成するために生じる。従って、圧電素子部を単独で扱えるデバイスとする事で他の剛性部材と組み合わせることが可能となり、剛性が高くても駆動変位の大きなアクチュエータが実現できる。

【0035】特に圧電素子部の形状保持板に少なくとも合成樹脂を使用することで非常に圧電素子部が柔軟な構造になるため駆動時の拘束による損失をこの部分が吸収して変位低下を最小限にすることが可能となる。

【0036】共振周波数が低く高速制御が困難な問題は、上記構造を用いることで図24の従来例と比べて駆動素子が小さくても十分な変位／電圧が得られるため、共振周波数も高く設定でき高速高精度な制御が可能となる。

【0037】更に、合成樹脂を形状保持板部以外のところにもコーティングする事で共振を抑える事が可能となる。

【0038】駆動電圧が大きく消費電力およびヘッド素子に影響を与える問題については、上記構造を用い、圧電材料を薄膜化することで十分な変位／電圧（約 $1\mu\text{m}/\pm 3\sim 5\text{V}$ ）が得られるため、従来例と比べても低消費電力が可能であり、またヘッド素子に与える影響も少なくできる。

【0039】その上、薄膜を用いるため薄膜プロセス、リソグラフィ技術を利用することが可能であり、このプロセスによって電極、配線も一括作製が可能となる。

【0040】圧電素子を駆動するための配線については、リソグラフィ技術を用いて素子部の圧電薄膜を加工すると同時に形成する。圧電薄膜を所定の形状に加工後、合成樹脂を塗布し、素子の形状保持板、保護層、絶縁層として用いるためにパターンニングする。合成樹脂をバークし、硬化させた後、メッキ用レジストを塗布、パターン化する。そのパターンを用いて導体をメッキし配線を形成する。メッキ用レジスト除去した後、カバー用の合成樹脂を塗布、パターン化し、硬化させる。この

ような合成樹脂で配線を挟み込むような構造や、合成樹脂を圧電素子の保護や基材とする構造を用いることで、圧電素子が形成されている基板を圧電素子から除去しても合成樹脂が形状保持板、保護材または圧電薄膜（圧電素子）の基材として置き換わることで形状が保たれる。また、配線も同時に形成されているために駆動素子単体として扱え、素子単独での動作が可能であり、他の部材等に接着剤等で接着して使用することも可能である。

【0041】また、配線部分を少なくとも合成樹脂／導電体（配線材）／合成樹脂の構造にすることで、柔軟な配線構造が可能となる。この構造によって圧電素子を形成する同一面上でなくとも配線を取り出すことが可能である。

【0042】更に、圧電素子を形成した基板がステンレス等の金属のように柔軟な場合や接着した部材などが柔軟な性質を持つ場合には、基板ごと折り曲げることで三次元的な立体構造においても配線を取り出すことが可能である。

【0043】次に製造法に関して説明を行う。製造法としては、圧電薄膜を作製するのに使用する基板の加工状態によってその作製プロセスが異なるので使用する基板によって以下に説明する。

【0044】（加工基板）基板をあらかじめアクチュエータ形状に加工してある場合は、圧電薄膜の作製はスパッタなどを用いて直接基板に成膜を行う。膜構成としては、下部電極、圧電薄膜、上部電極となる（以下この構成を圧電素子と呼ぶ）。その場合、成膜された圧電薄膜及び下部電極、上部電極の加工は、成膜時にメタルマスクなどを用いてパターン化するが、成膜後、リソグラフィ技術を用いてドライエッチングかウエットエッチングで加工を行っても良い。

【0045】素子加工後、配線の形成を行う。基板が導電性物質の場合、下部電極は基板と接しているので基板を通じて電極を取り出す。一方、上部電極は絶縁層となるベースの合成樹脂を塗布し、配線を取り出す形状になるようにパターン化し硬化させる。圧電素子の上部電極と導通を取るためにベースの合成樹脂には上部電極の一部分にスルーホールを形成しておく。絶縁層であるベースの合成樹脂の上に銅メッキ用のシード層Cr/Cuをスパッタし、その後レジストを用いて銅メッキ用のパターンを形成する。このパターンを用いて電解メッキ法によって銅メッキを約 $2\sim 10\mu\text{m}$ 形成し、メッキ用のレジストを除去後、カバー用の合成樹脂を塗布、パターン化、硬化させる。

【0046】基板が導電性物質でない場合には、圧電薄膜、上部電極を加工する際に、下部電極上の圧電薄膜、上部電極部分を部分的に除去した構成にしてその上部電極、圧電薄膜の除去された部分から下部電極を取り出す構成にする。素子上に合成樹脂を塗布し、パターン化、硬化させる。このとき下部電極および上部電極を取り出

すためのスルーホールを同時に形成しておく。絶縁層であるベースの合成樹脂の上に銅メッキ用のシード層Cr/Cuをスパッタし、その後レジストを用いて銅メッキ用のパターンを形成する。このパターンを用いて電解メッキ法によって銅メッキを約2～10 μ m形成し、メッキ用のレジストを除去後、カバー用の合成樹脂を塗布、パターン化、硬化させる。

【0047】次に基板の加工を行う。基板の加工は圧電素子部の形状保持板部分を加工する部分加工と基板全てを加工する全加工に分けられる。部分加工の場合には、加工を行う面の形状保持板部付近を除いて加工用の合成樹脂をスピナー法（スピコート）、ロール法、浸漬法、スプレイ法、インクジェット法などを用いて両面塗布する。塗布方法としては場合によって使い分け、例えば膜厚の制御があまり必要でない場合は浸漬法またはロール法を使用し、膜厚の制御が必要な場合にはスピナー法（スピコート）またはスプレイ法を使用するのが望ましい。また、塗布材料を効率よく塗布する場合や、部分的に塗布したい場合にはインクジェット法を使用するの

【0048】基板加工用に合成樹脂をパターン化するために合成樹脂を部分的に除去する方法としては、例えば感光性の合成樹脂の場合には露光、現像などのパターン技術を用いたり、レーザー加工を用いてその部分だけ合成樹脂を除去してもよい。加工する部分の合成樹脂を除去できる方法ならばどんな方法でも良い。

【0049】その後、ウェットエッチングを用いて基板の合成樹脂がコーティングされていない部分の加工を行う。

【0050】加工方法としては、基板のある厚みだけ残して加工するハーフエッチングと基板を全て除去する方法がある。これは、必要とされる剛性と変位でどちらを選んでもかまわない。

【0051】次に、部分エッチングではなく基板全部をエッチングして取り除いてしまう方法を説明する。まず、圧電素子が成膜されている基板面に合成樹脂を塗布する。ここまでの工程は上記部分加工時の工程と同じである。その後に基板を全てエッチングによって取り除く。基板を全て除去する場合には、エッチング液に対して下部電極のPt層がエッチングのストッパとなる。これによって、圧電素子は基板から合成樹脂で形成された合成樹脂層に転写された形になる。合成樹脂は比較的密着性がよく、このような工法を用いれば接着剤を使用することなく容易に圧電素子の転写が可能となる。この時同時に上記で説明した配線を形成しておくことと配線の取り出しが非常に簡単であり、素子単体として取り扱うことが可能となる。また、圧電薄膜形成面と異なった面への配線取り出しや、3次元的な立体構造などの形成を可能にする。

【0052】以上簡単に製造方法を述べたが、最も重要

な点は基板をエッチングする場合に圧電素子の側面も含めて圧電素子部がダメージを受けないように合成樹脂で覆う事である。圧電薄膜を成膜する基板は通常、圧電薄膜に比べ厚みが厚いためウェットエッチングが一般的に用いられる。エッチング液としては強酸性、強アルカリ性のエッチング液が用いられるため、圧電薄膜までもエッチングしてしまうため、合成樹脂を用いて覆う必要がある。圧電素子駆動用の電極および配線は基板エッチング前にあらかじめリソグラフィ技術を用いてパターンニングし形成する。このとき合成樹脂は絶縁層としても用いられ駆動配線の一体形成を可能とする。以上簡単に加工基板を用いた場合の製造法を説明したが、この場合、パターン形状の大体のところは、加工基板の形状で決まる。

【0053】配線は圧電素子に合成樹脂を塗布して、パターンニングする時に下部、上部電極の一部分にスルーホールを空け、そのスルーホールを用いて電極を取り出し配線部を形成する。電極形成方法としてはスパッタ、蒸着などで、Pt、Auなどの電極材料を成膜した後配線パターン形状に加工してもよいし、またはメッキ法などで形成してもよい。

【0054】素子部の剛性が足りない場合は、あらかじめ圧電素子成膜時に補強材として金属膜や酸化膜などを数ミクロン成膜するか、メッキ法で形成する。または合成樹脂の厚みを厚くしても良い。

【0055】（非加工基板）あらかじめアクチュエータ形状に加工されていない基板を用いる場合の製造法について説明する。

【0056】加工されていない基板を用いる場合には、成膜後圧電素子を加工した後に基板をアクチュエータ形状に加工して基板を全てまたは部分的に残す製造法と基板はすべて除去する製造法がある。

【0057】まず、基板を全て除去する場合について説明する。基板に圧電素子部（下部電極／圧電薄膜／上部電極構成）を成膜、加工する。素子加工後、配線の形成を行う。基板が導電性物質の場合、下部電極は基板と接しているので基板を通じて電極を取り出す。一方、上部電極は絶縁層となるベースの合成樹脂を塗布し、配線を取り出す形状になるようにパターン化し硬化させる。圧電素子の上部電極と導通を取るためにベースの合成樹脂には上部電極の一部分にスルーホールを形成しておく。絶縁層であるベースの合成樹脂の上に銅メッキ用のシード層Cr/Cuをスパッタし、その後レジストを用いて銅メッキ用のパターンを形成する。このパターンを用いて電解メッキ法によって銅メッキを約2～10 μ m形成し、メッキ用のレジストを除去後、カバー用の合成樹脂を塗布、パターン化、硬化させる。

【0058】基板が導電性物質でない場合には、圧電薄膜、上部電極を加工する際に、下部電極上の圧電薄膜、上部電極部分を部分的に除去した構成にしてその上部電

極、圧電薄膜の除去された部分から下部電極を取り出す構成にする。素子上に合成樹脂を塗布し、パターン化、硬化させる。このとき下部電極および上部電極を取り出すためのスルーホールを同時に形成しておく。絶縁層であるベースの合成樹脂の上に銅メッキ用のシード層Cr/Cuをスパッタし、その後レジストを用いて銅メッキ用のパターンを形成する。このパターンを用いて電解メッキ法によって銅メッキを約2~10 μ m形成し、メッキ用のレジストを除去後、カバー用の合成樹脂を塗布、パターン化、硬化させる。

【0059】次に基板の加工を行う。基板を全て除去する場合には、基板の表面に圧電素子が形成され、その上に加工用の合成樹脂をスピンナー法（スピンコート）、ロール法、浸漬法、スプレー法、インクジェット法などを用いて片面塗布する。基板加工用に合成樹脂をパターン化するための合成樹脂を部分的に除去する方法としては、例えば感光性の合成樹脂の場合には露光、現像などのリソグラフィーのパターン技術を用いたり、レーザー加工を用いてその部分だけ合成樹脂を除去してもよい。加工する部分の合成樹脂を除去できる方法ならばどんな方法でも良い。このときリソグラフィー技術を用いた製造法を使用することで圧電素子の配置は圧電素子加工時にアクチュエータ形状は合成樹脂のパターン形状作製時に自由に形成できる。従って、複雑な形状や多様な構成を作製することが可能となる。この時同時に上記で説明した配線を形成しておくで配線の取り出しが非常に簡単であり、素子単体として取り扱うことが可能となる。また、圧電薄膜形成面と異なった面への配線取り出しや、3次元的な立体構造などの形成を可能にする。

【0060】そして、ウェットエッチング等を用いて基板の合成樹脂がコーティングされていない部分の加工、すなわち基板を全て除去する。基板を全て除去する場合には、エッチング液に対して下部電極のPt層がエッチングのストッパとなる。これによって、圧電素子は基板から合成樹脂で形成された合成樹脂層に転写された形になる。合成樹脂は比較的密着性がよく、このような工法を用いれば接着剤を使用することなく容易に圧電素子の転写が可能となる。特にポリイミドを含む樹脂を焼き付けた場合は、振動板との密着性がよい。

【0061】以上簡単に製造方法を述べたが、最も重要な点は基板をエッチングする場合に圧電素子の側面も含めて圧電素子部がダメージを受けないように合成樹脂で覆う事である。圧電薄膜を成膜する基板は通常、圧電薄膜に比べ厚みが厚いためウェットエッチングが一般的に用いられる。エッチング液としては強酸性、強アルカリ性のエッチング液が用いられるため、圧電薄膜までもエッチングしてしまうため、合成樹脂を用いて覆う必要がある。圧電素子駆動用の電極および配線は基板エッチング前にあらかじめリソグラフィー技術を用いてパターンニングし形成する。このとき合成樹脂は絶縁層としても用

いられ駆動配線の一体形成を可能とする。

【0062】次に基板を残す製造法について説明する。

【0063】基板を残す方法としては二通りの方法がある。一つはパターン形状の通り全てを残す方法であり、もう一つは残す厚みを変える方法である。

【0064】基板をパターン形状通り全て残す方法としては、基板に圧電素子部（下部電極／圧電薄膜／上部電極構成）を成膜、加工する。素子加工後、配線の形成を行う。基板が導電性物質の場合、下部電極は基板と接しているなので基板を通じて電極を取り出す。一方、上部電極は絶縁層となるベースの合成樹脂を塗布し、配線を取り出す形状になるようにパターン化し硬化させる。圧電素子の上部電極と導通を取るためにベースの合成樹脂には上部電極の一部分にスルーホールを形成しておく。絶縁層であるベースの合成樹脂の上に銅メッキ用のシード層Cr/Cuをスパッタし、その後レジストを用いて銅メッキ用のパターンを形成する。このパターンを用いて電解メッキ法によって銅メッキを約2~10 μ m形成し、メッキ用のレジストを除去後、カバー用の合成樹脂を塗布、パターン化、硬化させる。

【0065】基板が導電性物質でない場合には、圧電薄膜、上部電極を加工する際に、下部電極上の圧電薄膜、上部電極部分を部分的に除去した構成にしてその上部電極、圧電薄膜の除去された部分から下部電極を取り出す構成にする。素子上に合成樹脂を塗布し、パターン化し、硬化させる。このとき下部電極および上部電極を取り出すためのスルーホールを同時に形成しておく。絶縁層であるベースの合成樹脂の上に銅メッキ用のシード層Cr/Cuをスパッタし、その後レジストを用いて銅メッキ用のパターンを形成する。このパターンを用いて電解メッキ法によって銅メッキを約2~10 μ m形成し、メッキ用のレジストを除去後、カバー用の合成樹脂を塗布し、パターン化させ、硬化させる。

【0066】次に基板の加工を行う。基板の圧電素子が形成されている面に合成樹脂をスピンナー法（スピンコート）、ロール法、浸漬法、スプレー法、インクジェット法などを用いて片面塗布する。基板加工用に合成樹脂をパターン化するための合成樹脂を部分的に除去する方法としては、例えば感光性の合成樹脂の場合には露光、現像などのリソグラフィーのパターン技術を用いたり、レーザー加工を用いてその部分だけ合成樹脂を除去してもよい。加工する部分の合成樹脂を除去できる方法ならばどんな方法でも良い。そして、ウェットエッチングを用いて基板の合成樹脂がコーティングされていない部分の加工を行う。この場合、合成樹脂は片面のみ塗布されているので合成樹脂が塗布されていない面は、保護テープや保護フィルムなどを張ってエッチング液などに直接触れないようにする。また基板のエッチングを高速、高精度で行いたい場合には、圧電素子形成面とは反対の面にも合成樹脂を塗布して、両面露光機などを用いて両面

にパターンを作製し、両面からエッチングを行う。

【0067】もう一つの方法で基板の厚みを変える方法は、圧電素子作製、配線形成、合成樹脂を塗布する方法、基板をエッチングする方法は上記と同様な工法である。次に、圧電素子が形成されていない面の合成樹脂を除去し、再度ウェットエッチング等を用いて望みの厚さまでエッチングを行う。また部分的に厚みを変えたい場合には、再度合成樹脂でパターンを形成し、基板のエッチングを行えばよい。

【0068】以上簡単に製造方法を述べたが、最も重要な点は基板をエッチングする場合に圧電素子の側面も含めて圧電素子部がダメージを受けないように合成樹脂で覆う事である。圧電薄膜を成膜する基板は通常、圧電薄膜に比べ厚みが厚いためウェットエッチングが一般的に用いられる。エッチング液としては強酸性、強アルカリ性のエッチング液が用いられるため、圧電薄膜までもエッチングしてしまうため、合成樹脂を用いて覆う必要がある。圧電素子駆動用の電極および配線は基板エッチング前にあらかじめリソグラフィ技術を用いてパターンニングし形成する。このとき合成樹脂は絶縁層としても用いられ駆動配線の一体形成を可能とする。また、圧電薄膜形成面と異なった面への配線取り出しや、3次元的な立体構造などの形成を可能にする。

【0069】(合成樹脂)有機系の合成樹脂を更に詳細に区別すると、プラスチック(熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、プラスチック二次製品(フィルム、シート、各種フォーム、接着剤、塗料)を含む)、合成繊維(ナイロン、ポリエステル、アクリル等)、合成ゴム(ジエン系、非ジエン系、熱可塑性エラストマー等)その他(高吸水性樹脂、合成紙、合成皮革、イオン交換樹脂、イオン交換膜、生分解性ポリマー等)に分類される。

【0070】この中でも特に望ましいものは、プラスチックに分類される合成樹脂である。例えば、プラスチックに分類されるものとしては熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、プラスチック二次製品の形態をとる合成樹脂である。具体的なものとしては、レジストとしてフォトリソ(ジアソナフトキノーンポラック樹脂、ポリメチルメタクリレート、メチルメタクリレートを含む共重合体、ポリメチルイソプロピルケトン、環化ポリイソブレン-アジド化合物系レジスト、フェノール樹脂-アジド化合物系レジスト、主鎖切断型電子線ポジレジスト、溶解抑制型電子線レジスト、架橋型電子線ネガレジスト、エポキシ系ネガ型電子線レジスト、ポリエチレン系ネガ型電子線レジスト、アルカリ水溶液現像ネガ型電子線レジスト、化学増幅系レジスト等)やプリント配線板などに用いられるドライフィルムレジスト、メッキ用レジスト、EDレジスト、LDIレジスト、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール樹脂系があげられる。特にこの中でも低吸水性のものが望ましく、ポリイミド樹脂を含むポジ型感光性樹脂及びポリベンゾオキサゾール樹脂

脂から選ばれる少なくとも一つの樹脂が好ましい。特にポリイミド樹脂を含むポジ型感光性樹脂は、住友ベークライト社製商品名「CRC-8000」シリーズが好ましい。この樹脂はプリベーク120℃/4分間、露光量250mJ/cm²(「CRC-8200」の場合)-400mJ/cm²(「CRC-8300」の場合)、最終硬化150℃/30分-320℃/30分の条件で焼き付けることにより振動板に一体化できる。

【0071】なお、例としてあげた材料は一例であって、合成樹脂であれば問題ない。

【0072】以下、本発明の実施の形態について、図1Aから図8Jを用いて説明する。

【0073】(実施の形態1)図1A~図1Dに本発明の圧電式アクチュエータの簡易断面図を示す。短冊状の圧電薄膜1とその圧電薄膜1を挟み込むように積層された下部電極2a、上部電極2bで形成された圧電素子3は合成樹脂4を形状保持板とし、また、合成樹脂4は圧電素子3を包み込むように配置されている。圧電素子3の一方の端は下部電極2aを介して固定部5に固定されている。下部電極2aは固定部5が導電体の場合、固定部5を介して引き出され、固定部5が絶縁体の場合、固定部5上に引き出し線6を形成して取り出される。上部電極2bは形状保持板である合成樹脂4を絶縁層としてスルーホール7を介して上部電極引き出し線6に接続される。固定部5と反対の端には動作させる対象物8が取り付けられる。

【0074】図1Aは、圧電素子3を形成する基板部分がエッチング等の方法により除去され、合成樹脂4を形状保持板とした構造を示す。

【0075】図1Bは、圧電素子3を形成する基板部分がエッチング等の方法を用いて除去され、合成樹脂4を形状保持板とし、さらに保護層として圧電素子3のエッチング部分に合成樹脂4を塗布した構造を示す。

【0076】図1Cは、圧電素子3を形成する基板がエッチング等の方法により一部分だけ薄く加工され、合成樹脂4と基板の残りを形状保持板とした構造を示す。

【0077】図1Dは、固定部5が絶縁体、または固定部が導電体であっても直接電圧を印可したくない場合の構造の一例を示す。固定部5が絶縁体である場合、固定部5上の合成樹脂4を形成しないで直接固定部5上に引き出し線6を形成してもよい。また、固定部5が導電体である場合は、図1Dに示すように、合成樹脂4を固定部5上に形成し、その上に引き出し線6を形成する。なお、図1Dには、圧電素子3の基板は全て除去し、保護層の合成樹脂4を形成した構成になっているが、合成樹脂4を形成しない図1Aの構造や、圧電素子3の基板の一部分を除去した図1Cの構造でも同様に下部電極2aを図1Dのように引き出すことが可能である。

【0078】形状保持板である合成樹脂4だけでは剛性が低い場合には図1E~図1Gに示すように補強材30を付加してもよい。図1Eは上部電極2bと合成樹脂4

の間に補強材 30 を付加した場合を示す。図 1 F は形状保持板である合成樹脂 4 の上に補強材 30 を付加した場合を示す。図 1 G は下部電極 2 a の下に補強材 30 を付加した場合を示す。補強材としては、金属膜、酸化物膜などである。成膜方法としては、スパッタ法、蒸着法、メッキ法などを用いる。厚みは約 1 ~ 5 μm 程度が好ましい。

【0079】また図 1 D で示されるように、圧電素子を両面から合成樹脂で包み込むように形成するか、形状保持板である合成樹脂 4 の厚みを厚くしてもよい。合成樹脂 4 の塗布法は、スピンナー法（スピンコート）、ロール法、浸漬法、スプレイ法、インクジェット法などが好ましい。

【0080】次に図 2 A ~ 図 2 C を用いて動作を示す。図 2 A は印可電圧を加えていない状態を示す。図 2 B は、上部電極に (+)、下部電極に (-) の印可電圧を加えた状態を示し、図 2 C は、上部電極に (-)、下部電極に (+) の印可電圧を加えた状態を示す。図 2 B の場合、印可電圧を加えると Δx と Δy の変位が得られる。また、図 2 C の場合、印可電圧を加えると Δx と図 2 B の場合とは逆方向の Δy の変位が得られる。 Δx の好ましい変位長さは 1 ~ 5 μm の範囲であり、 Δy の好ましい変位長さは 10 ~ 30 μm の範囲である。また、アクチュエータ 2 本を三角形の 2 辺のように用いた場合は、トラッキング方向に対して 1 ~ 2 μm の範囲動くのが好ましい。

【0081】上記動作は圧電薄膜の主に厚み方向のたわみを利用して、変位を得ることから比較的大きな変位を得ることが可能である。また、駆動周波数を高くすることで、高速・高精度な制御が可能である。

【0082】以上が本発明の圧電式アクチュエータの簡易構造とその動作状態である。

【0083】（実施の形態 2）図 3 A ~ L に実施の形態 1 で示した圧電式アクチュエータの製造法を示す。まず、図 3 A ~ L はアクチュエータ形状に加工した基板に直接成膜し、基板全体を除去した場合の製造法を示す。この場合、あらかじめ基板自体をアクチュエータ形状に加工し、その後圧電薄膜の成膜を行い、さらに部分的な加工を施す工程を示す。そのため、使用される基板 40 は、第 1 に成膜時の成膜温度である約 500℃ 以上でも形状を保つことが可能なことが必要である。そして第 2 にアクチュエータとして加工し易いことがあげられる。使用する基板 40 としては、主に金属基板が望ましく、主にステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどが主成分である基板が成膜温度、加工性などから望ましい。また、酸化マグネシウム (MgO)、結晶ガラスなども好ましい。

【0084】基板 40 をアクチュエータ形状に加工する場合には、エッチング、成形、プレス法を用いて加工する。コスト面でいえば成形、プレス法などが有利である

が、加工精度面においてはエッチング加工が有利である。どの加工法を用いるかは、そのときに加工を必要とする対象物の加工精度とコスト面で選択すればよい。

【0085】次に成膜について説明する。成膜については、成膜後圧電薄膜を素子形状に加工する方法と成膜時にメタルマスクなどを用いて必要なところ以外は圧電薄膜をつけないようにする方法がある。成膜については、メタルマスクをあらかじめセットして成膜するか、加工基板全体に成膜するかの違いである。図 3 A ~ L を用いて、メタルマスクを使わない場合と使う場合を説明する。

【0086】まず、メタルマスクを用いない場合の成膜法を図 3 A ~ F に示す。加工基板を基板ホルダーにセットした後、スパッタ装置のチャンバー内に入れて真空状態にする。基板温度が約 500℃ 以上になったことを確認して、付着層 9 であるチタニウム (Ti) を膜厚 50nm、下部電極 2 a を兼ねる白金 (Pt) を膜厚約 50 ~ 200nm で成膜する。チタニウム (Ti) 9 は基板 40 と白金 (Pt) の付着強度を高めるために用いられる。このため、基板 40 と Pt 層の付着強度が高い場合にはチタニウム (Ti) を成膜しないで、基板上に直接白金 (Pt) を成膜しても良い。次に圧電薄膜 1 であるチタン酸鉛系の PbZrTiO_3 の結晶配向を助ける下地層 10 の PbLiTi を 10 ~ 50nm の膜厚で成膜する。その後、圧電薄膜 1 の PbZrTiO_3 を 1 ~ 6 μm 成膜する。 PbZrTiO_3 の膜厚はアクチュエータ化したときに必要とされるトルクによって変わる。圧電薄膜のトルクは同じ面積の場合、厚みに正比例して大きくなる。 PbZrTiO_3 (PLT 膜) を成膜後、上部電極 2 b である白金 (Pt) または Au (金) を 100 ~ 200nm の厚みに成膜する。

【0087】次にメタルマスクを用いて成膜する場合の成膜法を図 3 G ~ L に示す。加工基板を基板ホルダーにセットした後、その上からメタルマスク 11 をセットする。このとき、位置決めを位置決めピンなどを用いて正確に行う。基板ホルダーにネジ止めなどで固定した後、スパッタ装置のチャンバー内に入れて真空状態にする。基板温度が約 500℃ 以上になったことを確認して、付着層 9 であるチタニウム (Ti) を厚さ 50nm、下部電極 2 a を兼ねる白金 (Pt) を約 50 ~ 200nm の厚みに成膜する。チタニウム (Ti) 9 は基板 40 と白金 (Pt) の付着強度を高めるために用いられる。このため、基板 40 と Pt 層の付着強度が高い場合にはチタニウム (Ti) を成膜しないで、基板上に直接白金 (Pt) を成膜しても良い。

【0088】次に圧電薄膜 1 であるチタン酸鉛系の PbZrTiO_3 の結晶配向を助ける下地層 10 の PbLiTi を 10 ~ 50nm の厚みに成膜する。その後、圧電薄膜 1 の PbZrTiO_3 を 1 ~ 6 μm の厚みに成膜する。 PbZrTiO_3 の膜厚はアクチュエータ化したときに必要とされるトルクによって変わる。圧電薄膜のトルクは同じ面積の場合、厚みに正比例

して大きくなる。

【0089】PbZrTiO₃を成膜後、上部電極2bである白金(Pt)またはAu(金)を100~200nmの厚みに成膜する。メタルマスク11は成膜する膜によってパターンを変える場合にはその枚数だけ用意しておいて取り替える。また、一つのパターンで良い場合にはメタルマスク11を取り替える必要はない。

【0090】次にリソグラフィ技術などを用いて圧電素子3(下部電極2a/圧電薄膜1/上部電極2b)を加工し、形状保持板を合成樹脂に置き換えるための基板の加工の説明を図4A~Iを用いて行う。

【0091】図4A~Fはメタルマスクを用いない場合の加工法である。まず、合成樹脂12を上部電極2b面に塗布した。このとき、合成樹脂がレジストや感光性ポリイミドのようにパターン化できるものは上部電極2bを引き出すためのスルーホールまたは部分的に合成樹脂12で覆われない部分を形成した。配線はメッキ法等を用いて形成する。もしパターン化できない合成樹脂を用いる場合には基板上に配線パターンをあらかじめ形成し、電極の引き出し部分を作成しておいて、その後、合成樹脂12を塗布するか、またはレーザー加工等を用いて部分的に合成樹脂を12除去する。合成樹脂12を塗布する方法としてはスピナー法、ロール法、または浸漬法を用いて塗布する。このとき加工基板40の裏面

(圧電薄膜1を成膜している面と反対の面)をガラス等の平坦な基板に隙間が空かないように張り付けて固定する。この固定によって塗布される合成樹脂は圧電素子3部の上部電極2bが成膜されている面と圧電薄膜1の断面を覆い、加工基板40の裏面には殆ど塗布されない。

【0092】塗布された合成樹脂12が必ず圧電薄膜1の断面部分を図のように覆ってしまうように塗布する。これは、次の工程である圧電素子3のエッチング工程及び基板部分のエッチング工程で圧電薄膜1がエッチングされることを防ぐためである。塗布された合成樹脂12は、更に強度を高めるために高温槽を用いて温度をあげて硬化させる。この硬化によって耐エッチング効果が高めるとともに絶縁抵抗が高まり配線用の絶縁層としても用いることができる。好ましい合成樹脂は、前記したポリイミド樹脂を含むポジ型感光性樹脂、例えば住友ベークライト社製商品名「CRC-8000」シリーズの樹脂である。

【0093】必要なところを合成樹脂12で覆った後、上部電極2bをエッチングする。上部電極2bは一般的に金(Au)や白金(Pt)などを用い、エッチング方法としてはドライエッチング法、ウェットエッチング法などがあるが、ドライエッチング法の場合には、アルゴンガス(Ar)を用いてエッチングする。一方、ウェットエッチングの場合には、金(Au)に対してはヨウ化カリウム(KI)、ヨウ素(I₂)、水(H₂O)の混合液などを用いてエッチングを行う。

【0094】次に、圧電薄膜1及び下地層10のPLT膜をエッチングした。膜厚が薄い場合にはドライエッチング法を用い、厚みが厚い場合にはウェットエッチング法を用いる。ドライエッチング法の場合には、金(Au)、白金(Pt)の場合と同様にアルゴンガス(Ar)を用いてエッチングする。ウェットエッチングの場合には、沸化アンモニウム溶液及び沸酸、沸硝酸を用いてエッチングを行う。

【0095】その後、下部電極2aをエッチングする。下部電極2aは一般に白金(Pt)が用いられる。ドライエッチング法の場合には、アルゴンガス(Ar)を用いてエッチングする。一方、ウェットエッチングの場合には、エッチング液としてはシアン化カリウム、ペルオキソ硫酸アンモニウム、水の混合液を用いる。

【0096】エッチング後、エッチングマスクとして用いた合成樹脂12は、除去するかまたは、そのまま形状保持板として用いても良い。合成樹脂12を除去した場合には、再度、合成樹脂12を塗布する。塗布方法は上記と同様な方法を用いる。

【0097】次に基板40のエッチング工程を説明する。基板40がステンレス、アルミニウム、銅などの金属の場合には塩化第二鉄溶液、硝酸銅溶液などを用いて部分的または全部エッチングする。エッチング方法もスプレー法、浸漬法など様々な方法があるが、スプレー法を用いた場合、スプレーから吹き出すエッチング液の液粒の大きさや、吹き付け圧力、エッチング液の温度などによってエッチング速度や均一性を制御可能である。このとき、圧電薄膜1は合成樹脂12で覆われていなければ基板40と一緒にエッチングされてしまうが、前行程において合成樹脂12で覆われているので問題ない。すなわち合成樹脂12を用いて圧電薄膜1を覆うことが重要である。合成樹脂12は特に酸性のエッチング液に強い特性をもっておりこのようなプロセスに向いている。また、基板40を全てエッチングする場合、基板40がエッチングされた後、酸のエッチング液に強い下部電極2aであるPtがエッチング液に対するストッパーの役割を果たす。このように基板40がエッチングされた後はエッチング用のパターンの役割をしていた合成樹脂12が形状保持板の役割を果たす。通常、基板40以外の他の形状保持板に圧電薄膜1を転写する場合には、圧電素子3と形状保持板の間に導電接着剤などを用いて接着する方法が一般的であるが、非常に小さな素子の場合には精度的に好ましくない。従って、このような方法を用いれば、非常に小さな加工まで可能であり、また、接着剤などを用いることなく基板以外の他の形状保持板に転写する事を可能とする。

【0098】図4G~Iはメタルマスクを用いる場合の加工法である。圧電素子3の成膜時にメタルマスクを用いて必要な部分だけに圧電素子3を成膜している。このため、図4A~Fで示したメタルマスクを用いない場合

の加工法で説明した圧電素子 3 のエッチング工程は省略される。従って、成膜後、合成樹脂 12 を塗布し、圧電素子 3 部を合成樹脂 12 で覆い、基板をエッチングするエッチング液に触れないような構造を形成する。基板 40 のエッチングに関しては上記と同様である。

【0099】図 5 A～I はアクチュエータ形状に加工した基板 40 に直接成膜し、基板全体をエッチング法やラップ法、ポリッシング法、または CMP 法によって薄く加工する場合の製造法を示す。

【0100】圧電素子の成膜法、合成樹脂 12 の塗布法、硬化法、配線の形成法は図 4 A～I の場合と同じなので説明は省略する。大きく異なる工程は薄く加工する方法である。そこで以下にその方法の詳細を述べる。まずエッチング法を使用する場合には、基板 40 がステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどの金属の場合には塩化第二鉄溶液、硝酸銅溶液などを用いてエッチングする。このとき、圧電薄膜 1 は合成樹脂 12 で覆われていなければ基板 40 と一緒にエッチングされてしまうが、前工程において合成樹脂 12 で覆われているので問題ない。すなわち合成樹脂 12 を用いて圧電薄膜 1 を覆うことが重要である。合成樹脂 12 は特に酸性のエッチング液に強い特性をもっておりこのようなプロセスに向いている。基板 40 をどのくらいエッチングするかは必要とされるアクチュエータの機械的強度と変位量で決まる。エッチング量の制御は、使用するエッチング液によって異なるがエッチング液の濃度、エッチング時間、エッチング液の温度、使用するエッチング方法により行われる。エッチング方法は主にスプレー法、浸漬法がある。特にスプレー法はスプレーから吹き出すエッチング液の液粒の大きさや、吹き付け圧力、エッチング液の温度などによってエッチング速度や均一性を制御可能である。

【0101】ラップ法やポリッシング法は固定した基板 40 を固定治具に取り付け、ラップ板上乗せてダイヤモンドスラリー等を基板に吹き付けながらラップ板を一定速度で回転させて基板を削る。

【0102】ここで、CMP（ケミカルメカニカルポリッシング：化学的かつ機械的な複合研磨）法はラップ法やポリッシング法に似ているが、ダイヤモンドスラリー等の代わりに酸性の溶液を吹き付けながら化学的にエッチングを行う。このような方法を用いて基板の厚みを薄く加工する方法である。

【0103】図 6 A～G はアクチュエータ形状に加工した基板に直接成膜し、基板の一部分を全て除去した場合の製造法を示す。図 6 A～D は最小限、下部電極 2 a、圧電薄膜 1、上部電極 2 b からなる圧電素子 3 の成膜についてメタルマスクを用いないで成膜後、リソグラフィ技術などを用いて素子化する行程を示す図である。メタルマスクを用いない場合圧電素子の加工工程は、図 4 A～C または図 5 A～C と同様なので図示を省略した。

【0104】一方、図 6 E～G は最小限、下部電極 2 a、圧電薄膜 1、上部電極 2 b からなる圧電素子 3 の成膜についてメタルマスクを用いて素子加工を行う行程を示す図である。圧電素子 3 の成膜法、合成樹脂 12 の塗布法、硬化法、配線の形成法は図 3 A～L の場合と同じなので説明は省略する。大きく異なる工程は、加工基板 40 の裏面（圧電薄膜を成膜している面と反対の面）にも合成樹脂 12 を塗布し、一部分だけ合成樹脂 12 を除去したパターンを形成する事である。図 6 A～D において、圧電薄膜を基板 40 の表面に成膜し、その上に合成樹脂 12 を塗布し、硬化した後、加工基板 40 の裏面（圧電薄膜 1 を成膜している面と反対の面）に合成樹脂 12 を塗布する。加工基板 40 の裏面を上にしてガラス等の平滑な基板に固定する。そして、スピナー法、またはロール法、浸漬法で合成樹脂 12 を塗布する。この時、合成樹脂 12 が感光性、または紫外線硬化型等であれば、マスク等を用いて露光しパターン化する。もし、感光性や紫外線硬化型等でなければ塗布後、レーザー等を用いてパターン化する。前記パターンは特に圧電素子 3 部の基板 40 を除去するためのパターンであり、すなわち圧電素子 3 部の基板上だけは合成樹脂 12 で覆われないようにする。このパターン化の後、塗布された合成樹脂 12 の耐酸性強度、機械的強度を高めるために高温槽を用いて温度をあげて硬化させる。その後エッチング法を用いて基板 40 を除去する。エッチング法で除去するために、パターン化した面を上にして、ガラス基板などに固定する。そして、スプレー法、浸漬法等を用いて合成樹脂 12 で覆われていない部分の基板 40 を除去する。基板 40 がステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどの金属の場合には塩化第二鉄溶液、硝酸銅溶液などを用いる。

【0105】基板が全てエッチングされて下部電極 2 a の白金（Pt）がストッパとなってエッチングが終了する。このプロセスで、基板 40 は除去され合成樹脂 12 が形状保持板として置き換わる。また、接着剤等を用いることなく圧電素子 3 を転写可能である。

【0106】図 6 E～G はメタルマスクを用いる場合の加工法である。圧電素子 3 の成膜時にメタルマスクを用いて必要な部分だけに圧電素子 3 を成膜している。このため、図 6 A～D で示したメタルマスクを用いない場合の加工法で説明した圧電素子 3 のエッチング工程は省略される。従って、成膜後、合成樹脂 12 を塗布し、圧電素子 3 部を合成樹脂 12 で覆い、基板をエッチングするエッチング液に触れないような構造を形成する。基板 40 のエッチングに関しては上記と同様である。

【0107】図 7 A～G はアクチュエータ形状に加工した基板に直接成膜し、基板の厚みを薄くした加工の場合の製造法を示す。図 7 A～D は最小限、下部電極 2 a、圧電薄膜 1、上部電極 2 b からなる圧電素子 3 の成膜についてメタルマスクを用いないで成膜後、リソグラフィ

一技術などを用いて素子化する行程を示す図である。メタルマスクを用いない場合圧電素子の加工工程は、図4 A～Cまたは図5 A～Cと同様なので図示を省略した。

【0108】一方、図7 E～Gは最小限、下部電極2 a、圧電薄膜1、上部電極2 bからなる圧電素子3の成膜についてメタルマスクを用いて素子加工を行う行程を示す図である。圧電素子3の成膜法、合成樹脂12の塗布法、硬化法、配線の形成法、合成樹脂12のパターン形成法は図3 A～Lの場合と同じなので説明は省略する。大きく異なるのは、エッチング速度、均一性を制御しながら基板40のエッチングを行うことである。基板を40どのくらいエッチングするかは必要とされるアクチュエータの機械的強度と変位量で決まる。エッチング量の制御は、使用するエッチング液によって異なるがエッチング液の濃度、エッチング時間、エッチング液の温度、使用するエッチング方法である。エッチング方法は主にスプレイ法、浸漬法がある。特にスプレイ法はスプレイから吹き出すエッチング液の液粒の大きさや、吹き付け圧力、エッチング液の温度などによってエッチング速度や均一性を制御可能である。

【0109】以上の条件を制御することで基板の厚みを全体あるいは一部分だけ薄く加工したアクチュエータを作製できる。

【0110】図8 A～Jはアクチュエータ形状に加工されていない基板40を用い、基板全体を除去する場合のアクチュエータの製造法を示す。

【0111】図8 A～Fは最小限、下部電極2 a、圧電薄膜1、上部電極2 bからなる圧電素子3の成膜についてメタルマスクを用いないで成膜後、リソグラフィ技術などを用いて素子化する行程を示す図である。一方、図8 G～Jは最小限、下部電極2 a、圧電薄膜1、上部電極2 bからなる圧電素子3の成膜についてメタルマスクを用いて素子加工を行う行程を示す図である。使用される基板40は、第1に成膜時の成膜温度である約50℃以上でも形状を保つことが可能なことが必要とされる。そして第2にエッチング等によって容易に除去することが必要とされる。使用する基板40としては、主に金属基板が望ましく、主にステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどが主成分である基板が成膜温度、加工性などから望ましい。また、酸化マグネシウム(MgO)も望ましい。

【0112】成膜については、成膜後圧電薄膜を素子形状に加工する方法と成膜時にメタルマスクなどを用いて必要なところ以外は圧電薄膜をつけないようにする方法がある。精度の要求される場合にはメタルマスク法よりリソグラフィ技術を用いて加工するほうが良い。

【0113】メタルマスク法は、成膜する膜によってパターンをあらかじめ決めておいて、成膜時に取り替えるだけである。図3 A～Lでメタルマスクを使わない場合と使う場合の説明と同様の行程であるので省略する。

【0114】次にリソグラフィ技術などを用いて圧電素子3（下部電極2 a／圧電薄膜1／上部電極2 b）を加工し、形状保持板を合成樹脂に置き換えるための基板の加工の説明を図8 A～Jを用いて行う。

【0115】図8 A～Fはメタルマスクを用いない場合の加工法である。まず、合成樹脂12を上部電極2 b面に塗布する。このとき、合成樹脂12がレジストや感光性ポリイミドのようにパターン化できるものは上部電極2 bを引き出すためのスルーホールまたは部分的に合成樹脂12で覆われない部分を形成する。配線はメッキ法等を用いて形成する。もしパターン化できない合成樹脂を用いる場合には基板上に配線パターンをあらかじめ形成し、電極の引き出し部分を作成しておいて、その後、合成樹脂12を塗布する。またはレーザー加工等を用いて部分的に合成樹脂を12除去する。合成樹脂12を塗布する方法としてはスピナー法、ロール法、浸漬法、スプレイ法、インクジェット法などを用いて塗布する。このとき基板40の裏面（圧電薄膜1を成膜している面と反対の面）をガラス等の平坦な基板に隙間が空かないように張り付けて固定する。この固定によって塗布される合成樹脂は圧電素子3部の上部電極2 bが成膜されている面と圧電薄膜1の断面を覆い、基板40の裏面には殆ど塗布されない。

【0116】塗布された合成樹脂12が必ず圧電薄膜1の断面部分を図のように覆ってしまうように塗布する。これは、次の行程である圧電素子3のエッチング工程及び基板部分のエッチング行程で圧電薄膜1がエッチングされることを防ぐためである。塗布された合成樹脂12は、更に強度を高めるために高温槽を用いて温度をあげて硬化させる。この硬化によって耐エッチング効果が高まるとともに絶縁抵抗が高まり配線用の絶縁層としても用いることができる。

【0117】必要なところを合成樹脂12で覆った後、上部電極2 bをエッチングする。上部電極2 bは一般的に金(Au)や白金(Pt)などが用いられ、エッチング方法としてはドライエッチング法、ウェットエッチング法などがあるが、ドライエッチング法の場合には、アルゴンガス(Ar)を用いてエッチングする。一方、ウェットエッチングの場合には、金(Au)に対してはヨウ化カリウム(KI)、ヨウ素(I₂)、水(H₂O)の混合液などを用いてエッチングを行う。

【0118】上部電極2 bがエッチングされたらレジストを除去して再度、圧電薄膜1加工用のレジストを塗布、パターン化する。このとき、上部電極2 b用のレジストが圧電薄膜をエッチングするパターンと同形状で、耐ウェットエッチング性にも優れているものならば、上部電極2 b加工用のレジストをそのまま用いても良い。

【0119】次に、圧電薄膜1及び下地層10のPLT膜をエッチングする。膜厚が薄い場合にはドライエッチング法を用い、厚みが厚い場合にはウェットエッチング

法を用いる。ドライエッチング法の場合には、金（Au）、白金（Pt）の場合と同様にアルゴンガス（Ar）を用いてエッチングする。ウェットエッチングの場合には、弗化アンモニウム溶液及び弗酸を用いてエッチングを行う。エッチング方法は、ピーカに入れたバッファードフッ酸を約60℃に温め、その中に基板40ごと浸漬する。バッファードフッ酸は濃度が一定になるように常時かき混ぜる。エッチング後純水で洗浄し乾燥させる。その後レジストを除去し、再度レジストを塗布、下部電極2aエッチングパターンに露光、現像する。このとき、下部電極2a用のパターンは圧電薄膜1の形状よりも一回り大きめに形成することが望ましい。これによって、下部電極2aと合成樹脂12のレジスト等によって、圧電薄膜1を包み込むような構造を作製でき、基板40除去時のエッチング液に圧電薄膜1がさらされる心配がない。

【0120】その後、下部電極2aをエッチングする。下部電極2aは一般に白金（Pt）が用いられる。ドライエッチング法の場合には、アルゴンガス（Ar）を用いてエッチングする。一方、ウェットエッチングの場合には、エッチング液としてはシアン化カリウム、ペルオキソ硫酸アンモニウム、水の混合液を用いる。

【0121】エッチング後、エッチングマスクとして用いた合成樹脂12は、除去するかまたは、そのまま形状保持板として用いても良い。合成樹脂12を除去した場合には、再度、合成樹脂12を塗布する。なお、作製するアクチュエータの仕様によっては下部電極2aエッチング用のレジストを除去しないで、このまま形状保持板、またはアクチュエータパターンとして用いても良いし、このレジストの上から更に他の合成樹脂12を塗布して形状保持板、またはアクチュエータパターンを形成しても良い。このとき、合成樹脂12がレジストや感光性ポリイミドのようにパターン化できるものは上部電極2bの引き出すためのスルーホールまたは部分的に合成樹脂12で覆われない部分を形成する。配線はメッキ法等を用いて形成する。もしパターン化できない合成樹脂12を用いる場合には基板上に配線パターンをあらかじめ形成し、電極の引き出し部分を作成しておいて、その後、合成樹脂12を塗布する。またはレーザー加工等を用いて部分的に合成樹脂12を除去する。

【0122】合成樹脂12による形状保持板、またはアクチュエータパターン形成が終了したら、合成樹脂12を更に強度を高めるために高温槽を用いて温度をあげて硬化させる。この硬化によって耐エッチング効果が高めるとともに絶縁抵抗が高まり配線用の絶縁層として用いることができる。

【0123】硬化後、今度は基板40全てを除去する工程を説明する。合成樹脂12を硬化した後、合成樹脂12側をガラス等のような平坦な板に接するように固定する。そして、スプレイ法、浸漬法等を用いて合成樹脂1

2で覆われていない部分の基板40を除去する。基板40がステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどの金属の場合には塩化第二鉄溶液、硝酸銅溶液などを用いる。

【0124】基板40が全てエッチングされて下部電極2aの白金（Pt）がストップとなってエッチングが終了する。このプロセスで、基板40は除去され合成樹脂12が形状保持板として置き換わる。また、接着剤等を用いることなく圧電素子3を転写可能である。また、形状保持板以外の部分もあらかじめパターン化する事で自由にアクチュエータ形状や配線を作製することが可能となる。

【0125】下部電極2aの取り出しは、図示していないが基板を除去後、絶縁層を介してメッキ法などを用いて形成するか、予め圧電薄膜の加工時に下部電極からの電極を取り出すためのスルーホールを絶縁層である合成樹脂に設け、そのスルーホールを通して図面上部に取り出しても良い。

【0126】図8G～Jはメタルマスクを用いる場合の加工法である。圧電素子3の成膜時にメタルマスクを用いて必要な部分だけに圧電素子3を成膜している。このため、図8G～Jで示したメタルマスクを用いない場合の加工法で説明した圧電素子3のエッチング工程は省略される。従って、成膜後、合成樹脂12を塗布し、圧電素子3部を合成樹脂12で覆い、基板をエッチングするエッチング液に触れないような構造を形成する。基板40のエッチングに関しては上記と同様である。下部電極2aの取り出しは、図示していないが基板を除去後、絶縁層を介してメッキ法などを用いて形成するか、予め圧電薄膜の加工時に下部電極からの電極を取り出すためのスルーホールを絶縁層である合成樹脂に設け、そのスルーホールを通して図面上部に取り出しても良い。

【0127】図9A～Eはアクチュエータ形状に加工されていない基板40を用い、基板をアクチュエータの一部となるように加工するとともに、基板40の一部を除去する場合のアクチュエータの製造法を示す。

【0128】図9A～Eは最小限、下部電極2a、圧電薄膜1、上部電極2bからなる圧電素子3の成膜についてメタルマスクを用いないで成膜後、リソグラフィー技術などを用いて素子化する行程を示す図である。一方、メタルマスクを用いて素子加工を行う行程については図8A～Fで詳細に述べているのでここでは省略する。

【0129】圧電素子3の成膜法、合成樹脂12の塗布法、硬化法、配線の形成法は図8A～Jの場合と同じなので説明は省略する。大きく異なる工程は、基板40の裏面（圧電薄膜を成膜している面と反対の面）にも合成樹脂12を塗布し、一部分だけ合成樹脂12を除去したパターンを形成する事である。図9A～Eにおいて、基板40の表面に圧電薄膜を成膜し、その上に合成樹脂12を塗布し、硬化した後、基板40の裏面（圧電薄膜1

を成膜している面と反対の面)に合成樹脂 12 を塗布する。基板 40 の裏面を上にしてガラス等の平滑な基板に固定する。そして、スピンナー法、ロール法または浸漬法で合成樹脂 12 を塗布する。この時、合成樹脂 12 が感光性、または紫外線硬化型等であれば、マスク等を用いて露光しパターン化する。もし、感光性や紫外線硬化型等でなければ塗布後、レーザー等を用いてパターン化する。前記パターンは特に圧電素子 3 部の基板 40 を除去するためのパターンであり、すなわち圧電素子 3 部の基板上だけは合成樹脂 12 で覆われないようにする。このパターン化の後、塗布された合成樹脂 12 の耐酸性強度、機械的強度を高めるために高温槽を用いて温度をあげて硬化させる。その後エッチング法を用いて基板 40 を除去する。エッチング法で除去するために、パターン化した面を上にして、ガラス基板などに固定する。そして、スプレイ法、浸漬法等を用いて合成樹脂 12 で覆われていない部分の基板 40 を除去する。基板 40 がステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどの金属の場合には塩化第二鉄溶液、硝酸銅溶液などを用いる。

【0130】基板が全てエッチングされて下部電極 2a の白金 (Pt) がストッパとなってエッチングが終了する。このプロセスで、基板 40 は除去され合成樹脂 12 が形状保持板として置き換わる。また、接着剤等を用いることなく圧電素子 3 を転写可能である。

【0131】下部電極 2a の取り出しは、図示していないが、基板が導電性のもので有れば基板を通して取り出す。基板が導電性でない場合や、導電性であっても基板から取り出す場合に支障が有る場合には基板を除去後、絶縁層を介してメッキ法などを用いて形成するか、予め圧電薄膜の加工時に下部電極からの電極を取り出すためのスルーホールを絶縁層である合成樹脂に設け、そのスルーホールを通して図面上部に取り出しても良い。

【0132】次に金属マスクを用いる場合の加工法について説明する。圧電素子 3 の成膜時に金属マスクを用いて必要な部分だけに圧電素子 3 を成膜している。このため、図 8A~F で示した金属マスクを用いない場合の加工法で説明した圧電素子 3 のエッチング工程は省略される。成膜後、合成樹脂 12 を塗布し、圧電素子 3 部を合成樹脂 12 で覆い、基板をエッチングするエッチング液に触れないような構造を形成する。基板 40 のエッチングに関しては上記金属マスクを用いない場合と同様である。

【0133】図 10A~D はアクチュエータ形状に加工されていない基板を用い、基板をアクチュエータの一部となるように加工するとともに、基板の全体をエッチング法やラップ法、ポリッシング法、または CMP 法によって薄くする場合のアクチュエータの製造法を示す。

【0134】図 10A~D は最小限、下部電極 2a、圧電薄膜 1、上部電極 2b からなる圧電素子 3 の成膜について金属マスクを用いないで成膜後、リソグラフィ

技術などを用いて素子化する行程を示す図である。一方、金属マスクを用いて素子加工を行う行程については図 8G~J で詳細に述べているのでここでは省略する。

【0135】圧電素子 3 の成膜法、合成樹脂 12 の塗布法、硬化法、配線の形成法は図 8A~J の場合と同じなので説明は省略する。大きく異なる工程は薄く加工する方法である。そこで以下にその方法の詳細を述べる。まずエッチング法を使用する場合には、基板 40 がステンレス、アルミニウム、銅、チタニウムなどの金属の場合には塩化第二鉄溶液、硝酸銅溶液などを用いてエッチングする。このとき、圧電薄膜 1 は合成樹脂 12 で覆われていなければ基板 40 と一緒にエッチングされてしまうが、前行程において合成樹脂 12 で覆われているので問題ない。すなわち合成樹脂 12 を用いて圧電薄膜 1 を覆うことが重要である。合成樹脂 12 は特に酸性のエッチング液に強い特性をもっておりこのようなプロセスに向いている。基板 40 をどのくらいエッチングするかは必要とされるアクチュエータの機械的強度と変位量で決まる。エッチング量の制御は、使用するエッチング液によって異なるがエッチング液の濃度、エッチング時間、エッチング液の温度、使用するエッチング方法により行える。エッチング方法は主にスプレイ法、浸漬法がある。特にスプレイ法はスプレイから吹き出すエッチング液の液粒の大きさや、吹き付け圧力、エッチング液の温度などによってエッチング速度や均一性を制御可能である。

【0136】ラップ法やポリッシング法は固定した基板 40 を固定治具に取り付け、ラップ板上乗せてダイヤモンドスラリー等を基板に吹き付けながらラップ板を一定速度で回転させて基板を削る。

【0137】CMP 法はラップ法やポリッシング法に似ているが、ダイヤモンドスラリー等の代わりに酸性の溶液を吹き付けながら化学的にエッチングを行う。このような方法を用いて基板の厚みを薄く加工する。

【0138】これらのプロセスで、基板は除去され合成樹脂が形状保持板として置き換わる。また、接着剤等を用いることなく圧電素子を転写可能である。また、形状保持板以外の部分もあらかじめパターン化する事で自由にアクチュエータ形状や配線を作製することが可能となる。

【0139】下部電極 2a の取り出しは、図示していないが、基板が導電性のもので有れば基板を通して取り出す。基板が導電性でない場合や、導電性であっても基板から取り出す場合に支障が有る場合には、予め圧電薄膜の加工時に下部電極からの電極を取り出すためのスルーホールを絶縁層である合成樹脂に設け、そのスルーホールを通して図面上部に取り出しても良い。

【0140】図 11A~E はアクチュエータ形状に加工されていない基板を用い、基板をアクチュエータの一部となるように加工するとともに、基板の一部を薄くす

る場合のアクチュエータの製造法を示す。

【0141】図11A～Eは最小限、下部電極2a、圧電薄膜1、上部電極2bからなる圧電素子3の成膜についてメタルマスクを用いないで成膜後、リソグラフィ技術などを用いて素子化する行程を示す図である。一方、メタルマスクを用いて素子加工を行う行程については図8G～Jで詳細に述べているのでここでは省略する。

【0142】圧電素子3の成膜法、合成樹脂12の塗布法、硬化法、配線の形成法は図8A～Jの場合と同じなので説明は省略する。大きく異なるのは、エッチング速度、均一性を制御しながら基板40のエッチングを行うことである。基板40をどのくらいエッチングするかは必要とされるアクチュエータの機械的強度と変位量で決まる。エッチング量の制御は、使用するエッチング液によって異なるがエッチング液の濃度、エッチング時間、エッチング液の温度、使用するエッチング方法である。エッチング方法は主にスプレー法、浸漬法がある。特にスプレー法はスプレーから吹き出すエッチング液の液粒の大きさや、吹き付け圧力、エッチング液の温度などによってエッチング速度や均一性を制御可能である。

【0143】以上の条件を制御することで基板の厚みを一部分だけ薄く加工したアクチュエータを作製できる。下部電極2aの取り出しは、図示していないが、基板が導電性のものであれば基板を通して取り出す。基板が導電性でない場合や、導電性であっても基板から取り出す場合に支障がある場合には、予め圧電薄膜の加工時に下部電極からの電極を取り出すためのスルーホールを絶縁層である合成樹脂に設け、そのスルーホールを通して図面上部に取り出しても良い。

【0144】(実施の形態3) 図12に本発明の2段式アクチュエータの基本的な構成を示す。

【0145】ヘッド支持機構はヘッド素子13を搭載し回転または走行する記録媒体上を飛行または滑走するスライダ14とそれを支持するサスペンション15、サスペンション15を固定するベースプレート16、スライダ14に荷重を加えるロードビーム(図示せず)およびヘッド素子13と情報記録装置の記録再生回路を電気的に接合する信号系(図示なし)により構成され、その一部または全体が一体で形成される。信号系リード線やサスペンションに直接または間接的にプリント回路により配線される。

【0146】微小駆動するアクチュエータはサスペンション15と一体型で、ヘッド素子1を構成するスライダ14とベースプレート16の間に配置される。

【0147】図13Aに示されるように、このアクチュエータは母材となる約10～30 μ mのステンレスと微小駆動素子18を構成する圧電薄膜からなる。微小駆動素子18はディスク面19に対して垂直になるように折り曲げ構造をとる。

【0148】さらに、図13Bに示すように微小駆動装置18はディスク面に垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面とそれぞれ15度以上の角度を成して構成される。

【0149】また、それぞれの微小駆動素子18には90度逆位相の駆動電圧が与えられ伸縮が繰り返される。伸縮によってサスペンション15およびサスペンション15に固定されたスライダ14、ヘッド素子13は図14Aのように回転する。更に駆動電圧を逆位相にするとサスペンション15およびサスペンション3に固定されたスライダ14、ヘッド素子13は図14Bのように反対方向に回転する。

【0150】微小駆動素子18はディスク面に垂直な面21に対して約15以上の角度を取るよう配置されている。これは、角度が小さい(約0度～15度未満)場合、ディスクの回転がスライダ14に及ぼす影響(空気粘性摩擦)を受けやすいためこの影響を軽減するためである。以上の構成により、高精度なトラック位置決めが可能になる。

【0151】なお、アクチュエータを構成する母材として今回はステンレスを使用した。バネ性、耐熱性を所有し、厚みが薄くともある程度の剛性が確保できる材料であればどんな材料でも良い。

【0152】図15、図16、図17に本発明の2段式アクチュエータの微小駆動素子18部に合成樹脂12を応用した場合の構成を示す。

【0153】微小駆動素子18部の剛性が高い場合には、アクチュエータがサスペンション15に固定されたスライダ14及びヘッド素子13を回転させる移動距離(変位)は、微小駆動素子18が単独(片持ち梁形状)で変化する距離の約1/4になる。

【0154】この原因は、1組の微小駆動素子18がそれぞれ素子の両端を固定し拘束されているために生じる損失である。従って、微小駆動素子18部に合成樹脂12を用いることでそれぞれの駆動素子が発生させる力をサスペンション15及びサスペンション15に固定されたスライダ14、ヘッド素子13に効率よく伝える事が可能となり大きな変位が得られる。

【0155】合成樹脂12を用いる方法としては、図15A～Bに示すように微小駆動素子18の変位をできるだけ大きくするように合成樹脂12のような柔軟で弾力性のある材料でアクチュエータ部や形状保持板などを全て置き換えるか、図16A～Bに示すように微小駆動素子18部分だけ置き換えるか、または図17A～Bに示すようにアクチュエータ部や形状保持板などを全てエッチング法などを用いて薄くするか、微小駆動素子18部分だけエッチング法などを用いて薄くする。

【0156】これらの方法を用いることで剛性を低下させ、微小駆動素子18部の変位を大きくすることが可能となる。また、一对の微小駆動素子18がお互いに拘束

して効率を低下している状態も微小駆動素子 18 部の柔軟な構造によって緩和され、変位の拡大につながる。

【0157】また、図 18 に示すように拘束緩和手段 20 を微小駆動素子 18 の両端に合成樹脂 12 で形成してもよい。

【0158】製造法については図 3A～図 11E で詳細に述べたので省略する。

【0159】なお、図 15 に示すように合成樹脂 12 のような柔軟で弾力性のある材料でアクチュエータ部や形状保持板などを全て置き換えることで、駆動部以外の部分 10 が剛性が低下して機械特性に問題が起こる場合には、例えば図 19 に示すように合成樹脂 12 で支点 17 を付け加えることで解決される。

【0160】（実施の形態 4）図 20 に本発明の 2 段式アクチュエータの基本的な別の構成を示す。下部電極 2a、圧電薄膜 1、上部電極 2b からなる圧電素子 3 は基板 40 を全て除去し合成樹脂 12 に転写されている。合成樹脂 12 はアクチュエータ形状を形成し、圧電素子 3 を梁構造部に構成する。

【0161】その製造法については図 3A～図 11E で 20 詳細に述べたので省略する。図 21A～D はその動作を示した図である。図 21A は図面の右側に位置する圧電素子 3 に印可電圧を加えた場合の動作を示す。図面上側の部分を固定して図面右側の梁部分に電圧を加えると圧電素子 3 が撓んで固定端とは反対の自由端が右に変位する。一方、図 21B は図面左側の梁部分に電圧を加えると圧電素子 3 が撓んで固定端とは反対の自由端が左に変位する。

【0162】（実施の形態 5）図 22A1、22A2、22B1、22B2、22C1、22C2、22D1、22D2 に本発明の圧電式アクチュエータの配線構造を示す。 30

【0163】図 22A1 は配線を形成し、三次元的な立体構造を形成するために基板とともに折り曲げた後の斜示図である。図 22A2 は配線を形成、プレスによる折り曲げ加工を行った後の断面図である。

【0164】下部電極 2a は基板 40 を導電性のステンレス材などの材質を用いて基板 40 から取り出す。一方、上部電極 2b の取り出しは、基板 40 上の圧電素子を加工後、上部電極 2b 上に合成樹脂 4 を絶縁層として 40 パターン化する。絶縁層である合成樹脂 4 には、上部電極 2b と導電性を取るためにスルーホール 7 が形成されている。絶縁層の合成樹脂 4 を窒素中で熱処理硬化させた後、メッキ法を用いて銅配線を形成する。銅配線を形成後、カバー用の合成樹脂 4 を塗布、パターン化して窒素中で熱処理硬化させる。その後、基板とともにプレス機を用いて折り曲げ、三次元的な立体構造を形成する。

【0165】このように合成樹脂 4 を用いて配線を形成することで、折り曲げられた配線部分の導電性が損なわ 50

れることなく電極を取り出すことが可能となる。

【0166】図 22B1 は配線を形成し、三次元的な立体構造を形成するために基板とともに折り曲げる場合に、配線が切断などにより導電性を損なわないように折り曲げ部分の基板を除去したときの斜示図である。

【0167】図 22B2 は配線を形成、プレスによる折り曲げ加工を行った後の断面図である。

【0168】配線部分の形成方法は図 22A1、図 22A2 と同様であるので省略する。配線構造を形成後、折り曲げ部分にあたる場所の基板をウェットエッチングなどを用いてエッチング除去を行う。例えば、基板がステンレスのような金属であれば、塩化第二鉄溶液を用いればよい。このような構造を用いることで三次元的な立体構造を形成するために基板とともに折り曲げる場合に、配線が切断などにより導電性を損なわないようにすることができる。このように合成樹脂 4 を用いて配線を形成するとともに、折り曲げ部分の基板を除去すると、プレス加工による折り曲げ加工時に折り曲げ部分の配線に加わる力が分散され折り曲げられた配線部分の導電性が損なわれることなく電極を取り出すことが可能となる。

【0169】図 22C1 は配線を形成し、三次元的な立体構造を形成するために図 22A1 とは反対に基板とともに折り曲げた後の斜示図である。図 22C2 は配線を形成し、プレスによる折り曲げ加工を行った後の断面図である。配線の形成方法、プレス加工による折り曲げ立体構造の作成法は図 22A1 と同様であるので省略する。この場合、基板 40 の外側に配線構造が位置するために、配線自身が基板に引っ張られる構造になり、導電性を損なう可能性が高くなる。そのため、基板 40 より内側に配線を形成する場合に比べ、メッキによって形成される銅配線の厚みを厚くする。また、絶縁層として用いる合成樹脂 4 の厚みも多少厚めにする事で三次元的な立体構造上に配線を形成することが可能になる。

【0170】図 22D1 は配線を形成し、三次元的な立体構造を形成するために基板とともに折り曲げる場合に、配線が切断などにより導電性を損なわないように折り曲げ部分の基板を除去したときの斜示図である。

【0171】図 22D2 は配線を形成、プレスによる折り曲げ加工を行った後の断面図である。

【0172】図 22C1 の三次元的な立体配線構造の信頼性を更に高めるために折り曲げ部分の基板 40 を除去する。このように合成樹脂 4 を用いて配線を形成するとともに、折り曲げ部分の基板を除去すると、プレス加工による折り曲げ加工時に折り曲げ部分の配線に加わる力が分散され折り曲げられた配線部分の導電性が損なわれることなく電極を取り出すことが可能となる。

【0173】本発明のアクチュエータは、例えば下記の用途に応用することができる。

<光学関係>

(1) 光を偏向させるデバイスを用いたもの。例えば、

プリンタ、投写型ディスプレイ、バーコードリーダー、スキャナーなど。

(2) 薄膜アクチュエータッドミラーアレイ。

(3) マイクロ光学素子: 光学スイッチング素子、焦点調整装置、焦点可変ミラーなど。

(4) 絞り装置: カメラ、ビデオムービー、内視鏡などの光学機器。

(5) 可変できるミラー。

<ポンプ>

(6) インクジェットプリンター

(7) イオン発生器: 空気清浄機、加湿器、集塵機

<モータ>

(8) 圧電リニアモータに用いる光ピックアップ、超音波モータ。

<圧電共振子>

(9) 発振素子

(10) ディスクリミネータ

(11) フィルタ

<センサ>

(12) 圧力センサー

(13) 加速度センサー

(14) 衝撃センサー

(15) AEセンサー (Acoustic Emission)

(16) 超音波センサー

(17) 角速度センサー

(18) 重力センサー

<メカの応用>

(19) マイクロリレー

(20) 超薄膜キーボード

(21) 流体制御用バルブ

(22) ハードディスクドライブ (HDD) 用アクチュエータ

【0174】

【実施例】以下具体的な実施例により、本発明をさらに詳細に説明する。

【0175】(実施例1) 第1の実験として、アクチュエータ部の一組の微小駆動素子とディスク面に垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面とがなす角度を変化させてヘッド素子が構成されるスライダの変位を測定した。アクチュエータの母材であるステンレスの厚みは20 μ mとした。駆動電圧は±3V一定、周波数は1KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。その結果を図13Cに示す。この時ディスクの回転数は1000rpmとした。

【0176】変位はディスク停止時には角度による依存は殆ど見られないものの、ディスク回転時には15度未満で空気粘性摩擦力のために低下する事がわかる。以上の結果から、変位と粘性を考慮した場合、駆動素子の角度は約15度以上が適切である。

【0177】(実施例2) アクチュエータ部は、ステン

レス基板をあらかじめアクチュエータ形状にエッチング加工を施した基板を用いた。

【0178】加工基板を基板ホルダーにセットした後、スパッタ装置のチャンバー内に入れて真空状態(真空度: 2.0×10^{-4} Pa)にした。基板温度が約500℃以上になったことを確認して、付着層9であるチタニウム(Ti)を厚み50nm、下部電極を兼ねる白金(Pt)を厚み約50~200nm成膜した。チタニウム(Ti)は基板と白金(Pt)の付着強度を高めるために用いた。このため、基板とPt層の付着強度が高い場合にはチタニウム(Ti)を成膜しないで、基板上に直接白金(Pt)を成膜しても良い。次に圧電薄膜であるチタン酸鉛系のPbZrTiO₃の結晶配向を助ける下地層のPbLiTiを厚み10~50nm成膜した。その後、圧電薄膜のPbZrTiO₃を厚み2.5 μ m成膜した。基板温度を約100℃以下になったことを確認後、上部電極であるAu(金)を厚み100~200nm成膜した。

【0179】次に成膜した基板を真空チャンバーから取り出し、リソグラフィ技術を用いて圧電素子を形成した。

【0180】最初に上部電極加工用のレジストを塗布した。加工用レジスト樹脂は、シプレ社製商品名'S-1800'を用いた。成膜したステンレス基板をガラス基板に固定してレジストを塗布した。塗布方法としてはスピナー法を用いた。その後、オープンでプリベークを90℃で15分行った後、取り出して露光を行った。露光はフォトマスクを用いて行い、露光後現像液につけて現像した。現像後、再度オープンで約120℃で30分ポストベークを行い、レジストの耐エッチング性を高めた。以上の工程でレジストをパターン化し、ウエットエッチング法を用いて上部電極の加工を行った。エッチング液はヨウ化カリウム(KI)、ヨウ素(I₂)、水(H₂O)の混合液を用いた。エッチング後、純水で基板を洗浄し、乾燥した。レジスト樹脂の厚さは約1.0 μ mであった。上部電極の加工状態を光学顕微鏡で確認し、問題なければ次の圧電薄膜の加工を行った。

【0181】圧電薄膜の加工はバッファードフッ酸を用いて行う。バッファードフッ酸をビーカーに入れ約60℃に温め、その中に固定用のガラス基板ごと浸漬した。バッファードフッ酸は濃度が一定になるように常時かき混ぜた。エッチング後、純水で洗浄し乾燥した。次に下部電極の加工を行った。上部電極、圧電薄膜加工用のレジストを除去して再度下部電極加工用のレジストを塗布した。レジストを塗布後フォトマスクを用いて露光を行った。フォトマスクに形成されているパターンは、上部電極、圧電薄膜形成用のパターンより一回り大きな形状のパターンと、下部電極の引き出しパターンが形成されている。露光、現像後ドライエッチング法を用いて下部電極の加工を行った。ドライエッチング後、レジストを除去、洗浄した。洗浄後、レジストを塗布した。ここでレ

ジスト樹脂は、ポリイミド樹脂を含むポジ型感光性樹脂である住友ベークライト社製商品名「CRC-8300」を用いた。塗布方法はスピナーを用いて行った。基板はエッチングの時と同様、ガラス基板などの表面の平らなものに固定した。基板にポリイミドを塗布し、スピナーの回転数を 3000 rpm で回転させ均一に塗布した。この時、基板の裏面（圧電素子がついていない面）は固定基板に密接しているため塗布されたポリイミドは裏面には回り込まなかった。塗布後、露光、現像を行ってパターン化した。フォトマスクのパターンは加工基板とほぼ同形状でひとまわり大きめのパターンである。次にポリイミドを硬化させるために窒素雰囲気中でベークした。窒素置換したオープンを用いて 150～320℃ で 30 分ベークを行った。ポリイミド樹脂の厚さは 2.0 μm であった。

【0182】オープンから取り出した後、加工基板の除去を行った。加工基板の除去は塩化第二鉄溶液を除去する基板に対してスプレー状に吹き付けて行った。

【0183】以上によってステンレス基板から合成樹脂であるポリイミドに接着剤などを用いることなく転写することができた。

【0184】次に、折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。

【0185】その後配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電氣的に接続した。そしてスライダとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。

【0186】（実施例 3）アクチュエータ部は、ステンレス基板をあらかじめアクチュエータ形状にエッチング加工を施した基板を用いた。

【0187】下部電極、圧電薄膜、上部電極の成膜には約 0.1 mm 厚のステンレスで作成したメタルマスクをあらかじめ基板にセットして成膜した。加工基板、メタルマスクを基板ホルダーにセットした後、スパッタ装置のチャンバー内に入れて真空状態にした。基板温度が約 500℃ 以上になったことを確認して、付着層 9 であるチタニウム (Ti) を厚み 50 nm、下部電極を兼ねる白金 (Pt) を厚み約 50～200 nm 成膜した。チタニウム (Ti) は基板と白金 (Pt) の付着強度を高めるために用いた。このため、基板と Pt 層の付着強度が高い場合にはチタニウム (Ti) を成膜しないで、基板上に直接白金 (Pt) を成膜しても良い。次に圧電薄膜であるチタン酸鉛系の PbZrTiO₃ の結晶配向を助ける下地層の PbLiTi を厚み 10～50 nm 成膜した。その後、圧電薄膜の PbZrTiO₃ を厚み 2.5 μm 成膜した。基板温度を約 100℃ 以下になったことを確認後、上部電極である Au (金) を厚み 100～200 nm 成膜した。

【0188】このメタルマスクを用いた成膜法によって、圧電素子部のリソグラフィ技術を用いた加工を省

くことが可能となった。真空チャンバーから基板の温度が常温になったことを確認して取り出し、実施例 2 で用いたポリイミド樹脂を含むポジ型感光性樹脂を塗布した。塗布方法はスピナーを用いて行った。基板はエッチングの時と同様、ガラス基板などの表面の平らなものに固定した。基板にポリイミドを塗布し、スピナーの回転数を 3000 rpm で回転させ均一に塗布した。この時、基板の裏面（圧電素子がついていない面）は固定基板に密接しているため塗布されたポリイミドは裏面には回り込まなかった。塗布後、露光、現像を行ってパターン化した。フォトマスクのパターンは加工基板とほぼ同形状でひとまわり大きめのパターンである。次にポリイミドを硬化させるために窒素雰囲気中でベークした。窒素置換したオープンを用いて 150～320℃ で 30 分ベークを行った。

【0189】オープンから取り出した後、加工基板の除去を行った。加工基板の除去は、塩化第二鉄溶液を除去する基板に対してスプレー状に吹き付けて行った。ポリイミド樹脂の膜厚は 2.0 μm であった。

【0190】以上によってステンレス基板から合成樹脂であるポリイミドに接着剤などを用いることなく転写することができた。

【0191】次に、折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。その後、配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電氣的に接続した。

【0192】そしてスライダとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。

【0193】なお、この実験例ではステンレスを基板として用いたが、他の金属、MgO（酸化マグネシウム）、Si（シリコン）等の単結晶基板を用いても同様に形成することが可能である。

【0194】（実施例 4）アクチュエータ部は、ステンレス基板をあらかじめアクチュエータ形状にエッチング加工を施した基板を用いた。今度は加工基板の厚みを薄くする製造法を用いた。圧電素子の作成法、ポリイミドの塗布、アクチュエータ形状は実施例 2 と同様なので省略する。

【0195】異なるのはステンレス基板を全て除去するか、厚みを薄くするかの違いである。

【0196】アクチュエータ形状に作成したポリイミドを硬化した後、第二塩化鉄溶液をスプレー状に吹き付けた。この吹き付ける時間を制御して除去するステンレスの厚みを制御した。約 10 μm 除去した後、純水で洗浄して乾燥した。次に、折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。プレスは約 60～80℃ に温度を上げて行い、冷却後取り出すと金型に沿って折り曲げ構造が形成できた。

【0197】その後、配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電氣的に接続した。

【0198】そしてスライダーとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。

【0199】なお、この実験ではステンレスを基板として用いたが、他の金属、MgO（酸化マグネシウム）、Si（シリコン）等の単結晶基板を用いても同様に形成することが可能である。

【0200】（実施例5）アクチュエータ部は、ステンレス基板をあらかじめアクチュエータ形状にエッチング加工を施した基板を用いた。今度は加工基板の一部を除去する製造法を用いた。圧電素子の作成法、ポリイミドの塗布、アクチュエータ形状は実施例2と同様なので省略する。

【0201】アクチュエータ形状に作成したポリイミドを硬化した後、今度は基板の裏面にポリイミドを塗布し、パターン化した。

【0202】ポリイミドを加熱硬化した後、基板の裏面を上にしてガラス等の平坦な基板に固定して、ポリイミドをスピナーで塗布した。塗布後、余分な用材を取り除くためオープンでプリベークし、フォトリソを用いて露光、現像した。現像後のパターンは圧電素子が形成されている部分の反対面だけがポリイミドがついていない状態である。パターン形成後、ポリイミドを窒素雰囲気中のオープンで150～320℃、30分温度を上げて硬化した。

【0203】次に、ポリイミドで覆われていない部分のステンレスを除去した。除去方法は塩化第二鉄溶液をスプレー状に吹き付けてエッチングした。ポリイミドで覆われていない部分のステンレスを全て取り除いた構造が、この方法で可能となった。

【0204】なお、ポリイミドで覆われていない部分のステンレスの除去する厚みはエッチング液の濃度、吹き付け圧力、吹き付け量、時間で制御可能なので、全て除去しないで適当な厚みを残すことも可能である。

【0205】折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。その後、配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電氣的に接続した。

【0206】そしてスライダーとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。

【0207】なお、この実験ではステンレスを基板として用いたが、他の金属、MgO（酸化マグネシウム）、Si（シリコン）等の単結晶基板を用いても同様に形成することが可能である。

【0208】（実施例6）成膜には、MgO単結晶基板を用いた。基板を基板ホルダーにセットした後、スパッタ装置のチャンバー内に入れて真空状態にした。基板温

度が約500℃以上になったことを確認して、下部電極を兼ねる白金（Pt）を厚み約50～200nm成膜した。次に圧電薄膜であるチタン酸鉛系のPbZrTiO₃の結晶配向を助ける下地層のPbLiTiを厚み10～50nm成膜した。その後、圧電薄膜のPbZrTiO₃を厚み2.5μm成膜した。基板温度を約100℃以下になったことを確認後、上部電極であるAu（金）を厚み100～200nm成膜した。

【0209】次に成膜した基板を真空チャンバーから取り出し、リソグラフィ技術を用いて圧電素子を形成した。

【0210】最初に上部電極加工用の実施例2で用いたレジスト樹脂を塗布した。次に成膜した基板にレジストを塗布した。塗布方法としてはスピナー法を用いた。その後オープンでプリベークを90℃で15分行った後、取り出して露光を行った。露光はフォトリソを用いて行い、露光後現像液につけて現像した。現像後再度オープンで約120℃で30分ポストベークを行い、レジストの耐エッチング性を高めた。以上の行程でパターン化し、ウェットエッチング法を用いて上部電極の加工を行った。エッチング液はヨウ化カリウム（KI）、ヨウ素（I₂）、水（H₂O）の混合液を用いた。エッチング後、純水で基板を洗浄し、乾燥した。上部電極の加工状態を光学顕微鏡で確認し、問題なければ次の圧電薄膜の加工を行った。

【0211】圧電薄膜の加工はバッファードフッ酸を用いて行った。バッファードフッ酸をビーカーに入れ約60℃に温め、その中に固定用のガラス基板ごと浸漬した。バッファードフッ酸は、濃度が一定になるように常時かき混ぜた。エッチング後、純水で洗浄し乾燥した。次に下部電極の加工を行った。上部電極、圧電薄膜加工用のレジストを除去して再度下部電極加工用のレジストを塗布した。レジストを塗布後、フォトリソを用いて露光を行った。フォトリソに形成されているパターンは上部電極、圧電薄膜形成用のパターンより一回り大きな形状のパターンと下部電極の引き出しパターンが形成されている。露光、現像後ドライエッチング法を用いて下部電極の加工を行った。ドライエッチング後、レジストを除去、洗浄した。洗浄後、ポリイミドを塗布した。具体的には塗布方法はスピナーを用いて行った。基板にポリイミドを塗布し、スピナーの回転数を3000rpmで回転させ均一に塗布した。塗布後、露光、現像を行ってパターン化した。フォトリソのパターンは加工基板とほぼ同形状でひとまわり大きめのパターンである。次にポリイミドを硬化させるために窒素雰囲気中でベークした。窒素置換したオープンを用いて150～320℃で30分ベークを行った。

【0212】オープンから取り出した後、基板の全除去を行った。基板の全除去はリン酸を除去する基板に対してスプレー状に吹き付けて行った。

【0213】以上によって基板から合成樹脂であるポリ

イミドに接着剤などを用いることなく転写することができた。

【0214】次に、折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。その後、配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電気的に接続した。

【0215】そしてスライダーとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。

【0216】（実施例7）成膜には、MgO単結晶基板を用いた。今度は基板の厚みを薄くする製造法を用いた。圧電素子の作成法、ポリイミドの塗布、アクチュエータ形状は実施例6と同様なので省略する。異なるのはMgO基板を全て除去するか、厚みを薄くするかの違いである。

【0217】アクチュエータ形状に作成したポリイミドを硬化した後、リン酸溶液をスプレイ状に吹き付けた。この吹き付ける時間を制御して除去するMgOの厚みを制御した。約10 μ m残して除去した後、純水で洗浄して乾燥した。次に、折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。プレスは約60～80℃に温度を上げて行い、冷却後、取り出すと金型に沿って折り曲げ構造が形成できた。

【0218】その後、配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電気的に接続した。そしてスライダーとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。なお、この実験ではMgOを基板として用いたが、他の金属、Si（シリコン）等の単結晶基板を用いても同様に形成することが可能である。

【0219】（実施例8）成膜には、MgO単結晶基板を用いた。今度は基板の一部を除去する製造法を用いた。圧電素子の作成法、ポリイミドの塗布、アクチュエータ形状は実施例6と同様なので省略する。

【0220】アクチュエータ形状に作成したポリイミドを硬化した後、今度は基板の裏面にポリイミドを塗布、パターン化した。

【0221】ポリイミドを硬化した後、基板の裏面を上

ステンレスの厚み(μ m)	20	15	10	6	3	0
変位(μ m)	3.24	5.64	7.85	10.5	17.2	28.6

【0230】以上の結果から、アクチュエータの母材であるステンレスの厚みが薄くなるほど剛性が弱くなり、変位が大きくなる傾向が見られた。

【0231】また、どのような基板を用いても、基板の厚みを薄くすればするほど剛性が低下し、変位を大きく得ることが可能であることは明らかである。

【0232】（実施例10）実施例1の製法で作製したアクチュエータを用いて変位を測定した。基本となるア

にしてガラス等の平坦な基板に固定して、ポリイミドをスピナーで塗布した。塗布後、余分な用材を取り除くためオープンでプリベークし、フォトマスクを用いて露光、現像した。現像後のパターンは圧電素子が形成されている部分の反対面だけがポリイミドがついていない状態であった。パターン形成後、ポリイミドを窒素雰囲気中のオープンで150℃～320、30分温度を上げて硬化させた。

【0222】次に、ポリイミドで覆われていない部分のMgOを除去した。除去方法はリン酸溶液をスプレイ状に吹き付けてエッチングした。ポリイミドで覆われていない部分のMgOを全て取り除いた構造がこの方法で可能となった。

【0223】なお、ポリイミドで覆われていない部分のMgOの除去する厚みはエッチング液の濃度、吹き付け圧力、吹き付け量、時間で制御可能なので、全て除去しないで適当な厚みを残すことも可能である。

【0224】折り曲げ構造を実現するために、アクチュエータ形状に構成されたポリイミドを金型にはめ込んでプレスした。その後配線用のフレキシブル基板と微小駆動素子部をワイヤーボンディングを用いて電気的に接続した。

【0225】そしてスライダーとベースプレートを組み合わせヘッド支持機構を構成した。

【0226】なお、この実験ではMgOを基板として用いたが、他の金属、Si（シリコン）等の単結晶基板を用いても同様に形成することが可能である。

【0227】（実施例9）カンチレバー状にステンレスを加工して、その上に約2.5 μ mの圧電体薄膜とその上に電極を形成し、ステンレスの厚みをエッチングにより変化させたときのカンチレバーの変位を測定した。ステンレスの基板厚み0 μ mはポリイミドだけであることを示す。測定法はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。駆動電圧は ± 3 V一定、周波数は1KHzとした。

【0228】以下の表1にその結果を示す。

【0229】

【表1】

クチュエータの構成として、微小駆動素子とディスクに垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面がなす角はそれぞれ60度、使用したステンレスの厚みは20 μ m、圧電薄膜の厚みは2.5 μ m、合成樹脂の厚みは10 μ mとした。

【0233】構成はアクチュエータ部の一組の微小駆動素子が配置される、図15A～Bに示す合成樹脂に全て置き換えたタイプである。駆動電圧は ± 3 V一定、周波

数は1 KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。この時ディスクの回転数は12000rpmとした。比較のために、合成樹脂を用いないステンレスベースの同形状のアクチュエータも作製して測定した。結果は合成樹脂に置き換えない物に比べ約4.4倍の変位が得られた。

【0234】この実験により、ステンレスから合成樹脂に置き換えることにより大幅に変位を拡大できることが確認できた。

【0235】(実施例11) 実施例3の製法で作製した10
アクチュエータを用いて変位を測定した。基本となるアクチュエータの構成として、微小駆動素子とディスクに垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面がなす角はそれぞれ60度、使用したステンレスの厚みは20 μ m、圧電薄膜の厚みは2.5 μ m、合成樹脂の厚みは10 μ mとした。

【0236】構成はアクチュエータ部の一組の微小駆動素子が配置される図16A~Bに示す合成樹脂に一部分(圧電素子の形状保持板部分)置き換えたタイプである。駆動電圧は ± 3 V一定、周波数は1 KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。この時ディスクの回転数は12000rpmとした。比較のために、合成樹脂を用いないステンレスベースの同形状のアクチュエータも作製して測定した。結果は合成樹脂に置き換えない物に比べ約4.5倍の変位が得られた。

【0237】この実験により、ステンレスから合成樹脂に一部分置き換えることにより大幅に変位を拡大できることが確認できた。

【0238】(実施例12) 実施例4の製法で作製した30
アクチュエータを用いて変位を測定した。基本となるアクチュエータの構成として、微小駆動素子とディスクに垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面がなす角はそれぞれ60度、使用したステンレスの厚みは20 μ m、圧電薄膜の厚みは2.5 μ m、合成樹脂の厚みは5 μ mとした。

【0239】構成はアクチュエータ部の一組の微小駆動素子が配置される、図17A~Bに示す合成樹脂で覆い、全体をエッチングしてステンレス基板を薄くしたタイプである。駆動電圧は ± 3 V一定、周波数は1 KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。この時ディスクの回転数は12000rpmとした。比較のために、合成樹脂を用いないステンレスベースの同形状のアクチュエータも作製して測定した。結果は合成樹脂に置き換えない物に比べ約3.1倍の変位が得られた。

【0240】この実験により、ステンレスを合成樹脂で覆い、ステンレスの厚みを薄くすることにより大幅に変位を拡大できることが確認できた。

【0241】(実施例13) 実施例4の製法で作製した50
アクチュエータを用いて変位を測定した。基本となるア

クチュエータの構成として、微小駆動素子とディスクに垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面がなす角はそれぞれ60度、使用したステンレスの厚みは20 μ m、圧電薄膜の厚みは2.5 μ m、合成樹脂の厚みは5 μ mとした。

【0242】構成はアクチュエータ部の一組の微小駆動素子が配置される図17A~Bに示す合成樹脂で覆い、一部(圧電素子の形状保持板部分)をエッチングしてステンレス基板を薄くしたタイプである。駆動電圧は ± 3 V一定、周波数は1 KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。この時ディスクの回転数は12000rpmとした。比較のために、合成樹脂を用いないステンレスベースの同形状のアクチュエータも作製して測定した。結果は合成樹脂に置き換えない物に比べ約3倍の変位が得られた。

【0243】この実験により、ステンレスを合成樹脂で覆い、ステンレスの厚みを一部分(圧電素子の形状保持板部分)薄くすることで大幅に変位を拡大できることが確認できた。

【0244】(実施例14) 実施例5の製法で作製した
アクチュエータを用いて変位を測定した。基本となるアクチュエータの構成として、微小駆動素子とディスクに垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面がなす角はそれぞれ60度、使用した基板はMgO単結晶基板、圧電薄膜の厚みは2.5 μ m、合成樹脂の厚みは10 μ mとした。

【0245】構成はアクチュエータ部の一組の微小駆動素子が配置される図15A~Bに示す合成樹脂で全て置き換えるタイプである。駆動電圧は ± 3 V一定、周波数は1 KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。この時ディスクの回転数は12000rpmとした。比較のために、合成樹脂を用いないステンレスベースの同形状のアクチュエータも作製して測定した。結果は合成樹脂に置き換えない物に比べ約8.1倍の変位が得られた。この変位の拡大は合成樹脂に置き換えることによる変位拡大が約4倍と単結晶基板上にエピタキシャル成長した圧電薄膜の圧電定数d31の特性向上の約2倍の相乗効果の結果である。

【0246】この実験により、合成樹脂で全て置き換えることで大幅に変位を拡大できることが確認できた。

【0247】(実施例15) 実施例5の製法で作製した
アクチュエータを用いて変位を測定した。基本となるアクチュエータの構成として、微小駆動素子とディスクに垂直かつサスペンションの長手方向の中心線に沿った面がなす角はそれぞれ60度、使用した基板はMgO単結晶基板、圧電薄膜の厚みは2.5 μ m、合成樹脂の厚みは10 μ mとした。

【0248】構成はアクチュエータ部の一組の微小駆動素子が配置される、図16に示す合成樹脂で覆い、一部分を置き換えるタイプである。駆動電圧は ± 3 V一定、

周波数は1 KHzとした。測定はレーザードップラー法を用いて変位を実測した。この時ディスクの回転数は1200 0rpmとした。比較のために、合成樹脂を用いないステンレスベースの同形状のアクチュエータも作製して測定した。結果は合成樹脂に置き換えない物に比べ約7. 8倍の変位が得られた。この変位の拡大は合成樹脂に置き換えることによる変位拡大が約4倍と単結晶基板上にエピタキシャル成長した圧電薄膜の圧電定数d 3 1の特性向上の約2倍の相乗効果の結果である。

【0249】この実験により、MgOから合成樹脂に一部分置き換えることで大幅に変位を拡大できることが確認できた。

【0250】(実施例16) 図22A1、A2で示す配

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0. 627Mオーム	0. 628Mオーム
L (インダクタンス)	-99. 8H	-99. 9H
C (キャパシタンス)	0. 2543nF	0. 2535nF

【0252】以上の結果より、折り曲げ後も折り曲げ前と同様な電気特性が得られ三次元的な立体配線構造が可能であることが確認できた。

【0253】(実施例17) 図22B1)、B2で示す配線構造を作成し、プレス法を用いた折り曲げ加工をする前とした後で圧電素子の電気的な特性がどのように変化するかを検討した。圧電素子の構成はTi/Pt/PLT/PZT/Ptである。圧電素子はステンレス上に成膜した。成膜にはメタルマスクを用いて、圧電素子の加工を不要とした。下部電極はステンレスから取り、上部電極をポリイ

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0. 611Mオーム	0. 620Mオーム
L (インダクタンス)	-98. 8H	-97. 9H
C (キャパシタンス)	0. 2533nF	0. 2545nF

【0255】以上の結果より、折り曲げ後も折り曲げ前と同様な電気特性が得られ三次元的な立体配線構造が可能であることが確認できた。また、折り曲げ後の歩留まりを比較した場合、多少であるが基板であるステンレスの折り曲げ部分を除去した場合、良好な結果が得られた。

【0256】(実施例18) 図22C1、C2で示す配線構造を作成し、プレス法を用いた折り曲げ加工をする前とした後で圧電素子の電気的な特性がどのように変化するかを検討した。圧電素子の構成はTi/Pt/PLT/PZT/Pt

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0. 612Mオーム	0. 635Mオーム
L (インダクタンス)	-97. 8H	-97. 9H
C (キャパシタンス)	0. 2543nF	0. 2575nF

【0258】以上の結果より、折り曲げ後も折り曲げ前と同様な電気特性が得られ三次元的な立体配線構造が可能であることが確認できた。

線構造を作成し、プレス法を用いた折り曲げ加工をする前とした後で圧電素子の電気的な特性がどのように変化するかを検討した。圧電素子の構成は、Ti/Pt/PLT/PZT/Ptである。圧電素子はステンレス上に成膜した。成膜にはメタルマスクを用いて、圧電素子の加工を不要とした。下部電極はステンレスから取り、上部電極をポリイミドをベース絶縁層として用いてメッキ法で銅配線を形成、その後カバー層のポリイミドをパターン化した。測定はLCRメータを用いてL (インダクタンス)、C (キャパシタンス)、Z (インピーダンス) を周波数1 KHzで測定した。以下の表2に結果を示す。

【0251】

【表2】

ミドをベース絶縁層として用いてメッキ法で銅配線を形成、その後カバー層のポリイミドをパターン化した。最後に折り曲げ部分のステンレスを塩化第二鉄溶液でエッチング除去した。測定はLCRメータを用いてL (インダクタンス)、C (キャパシタンス)、Z (インピーダンス) を周波数1 KHzで測定した。以下の表3に結果を示す。

【0254】

【表3】

である。圧電素子はステンレス上に成膜した。成膜にはメタルマスクを用いて、圧電素子の加工を不要とした。下部電極はステンレスから取り、上部電極をポリイミドをベース絶縁層として用いてメッキ法で銅配線を形成、その後カバー層のポリイミドをパターン化した。測定はLCRメータを用いてL (インダクタンス)、C (キャパシタンス)、Z (インピーダンス) を周波数1 KHzで測定した。以下の表4に結果を示す。

【0257】

【表4】

能であることが確認できた。

【0259】(実施例19) 図22D1、D2で示す配

線構造を作成し、プレス法を用いた折り曲げ加工をする前とした後で圧電素子の電気的な特性がどのように変化するかを検討した。圧電素子の構成はTi/Pt/PLT/PZT/Ptである。圧電素子はステンレス上に成膜した。成膜にはメタルマスクを用いて、圧電素子の加工を不要とした。下部電極はステンレスから取り、上部電極をポリイミドをベース絶縁層として用いてメッキ法で銅配線を形成、その後カバー層のポリイミドをパターン化した。最後に

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0.632Mオーム	0.655Mオーム
L (インダクタンス)	-99.9H	-98.9H
C (キャパシタンス)	0.2553nF	0.2585nF

【0261】以上の結果より、折り曲げ後も折り曲げ前と同様な電気特性が得られ三次元的な立体配線構造が可能であることが確認できた。また、折り曲げ後の歩留まりを比較した場合、多少であるが基板であるステンレスの折り曲げ部分を除去した場合、良好な結果が得られた。

【0262】(実施例20)図23A1、B1、C1、20 D1で示す配線構造を作成し、プレス法を用いた折り曲げ加工をする前とした後で圧電素子の電気的な特性がどのように変化するかを検討した。圧電素子の構成はTi/Pt/PLT/PZT/Ptである。圧電素子はステンレス上に成膜した。成膜にはメタルマスクを用いて、圧電素子の加工を

折り曲げ部分のステンレスを塩化第二鉄溶液でエッチング除去した。測定はLCRメータを用いてL (インダクタンス)、C (キャパシタンス)、Z (インピーダンス)を周波数1KHzで測定した。以下の表5に結果を示す。

【0260】

【表5】

不要とした。ステンレス上には絶縁層としてポリイミドを形成し、下部電極、上部電極をポリイミドをベース絶縁層として用いてメッキ法で銅配線を形成、その後カバー層のポリイミドをパターン化して上部電極側にそれぞれの電極を取り出した。プレス法による折り曲げ加工は、折り曲げ部分のステンレスを塩化第二鉄溶液でエッチング除去したものとそうでないものを作成した。測定はLCRメータを用いてL (インダクタンス)、C (キャパシタンス)、Z (インピーダンス)を周波数1KHzで測定した。以下の表6～9に結果を示す。

【0263】

【表6】

(a-1)

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0.732Mオーム	0.745Mオーム
L (インダクタンス)	-100.9H	-100.9H
C (キャパシタンス)	0.2543nF	0.2575nF

【0264】

【表7】

(b-1)

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0.722Mオーム	0.715Mオーム
L (インダクタンス)	-99.9H	-99.9H
C (キャパシタンス)	0.2523nF	0.2515nF

【0265】

【表8】

(c-1)

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0.752Mオーム	0.733Mオーム
L (インダクタンス)	-99.5H	-98.9H
C (キャパシタンス)	0.2574nF	0.2565nF

【0266】

【表9】

(d-1)

	折り曲げ前	折り曲げ後
Z (インピーダンス)	0.745Mオーム	0.744Mオーム
L (インダクタンス)	-100.9H	-99.9H
C (キャパシタンス)	0.2573nF	0.2575nF

【0267】以上の結果から、図23A1～図23D1に示す構造においてプレス法による折り曲げ加工の前後で電気特性が殆ど変化しないという良好な結果が得られた。よって合成樹脂による配線構造を用いることで、三 10 次元的な立体配線構造を実現可能である。

【0268】

【発明の効果】本発明によれば、圧電素子を接着剤を用いることなく素子化することができ、さらに素子の微細化、自由な設計が可能である。また、従来の圧電素子と比較して格段に変位を得ることができる。特に磁気ヘッドなどのアクチュエータとして応用した場合、高精度に制御可能なアクチュエータと情報記録再生装置を実現することができる。また、共振周波数が低く高速制御が困難な場合に小型化が必要となるが、小型化しても変位／ 20 電圧（効率）を効率よく取り出すことができる。また、薄膜化することで消費電力も下げることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1A】A～Dは、本発明の実施の形態1のアクチュエータ機構の基本的な構成を示す断面説明図。

【図1B】E～Gは、本発明の実施の形態1のアクチュエータ機構の基本的な構成を示す断面説明図。

【図2】A～Cは、本発明の実施の形態1のアクチュエータの動作を示す断面説明図。

【図3】A～Fは、本発明の実施の形態2のメタルマスクなしの場合の圧電素子の成膜法を示し、G～Lは同メタルマスク有りの場合の成膜法を示す断面説明図。 30

【図4】A～Fは、本発明の実施の形態2のメタルマスクなしの場合のアクチュエータの製造法を示し、G～Iは同メタルマスク有りの場合の製造法を示す断面説明図。

【図5】A～Fは、本発明の実施の形態2のメタルマスクなしの場合のアクチュエータの製造法を示し、G～Iは同メタルマスク有りの場合の製造法を示す断面説明図。

【図6】A～Dは、本発明の実施の形態2のメタルマスクなしの場合のアクチュエータの製造法を示し、E～Gは同メタルマスク有りの場合の製造法を示す断面説明図。

【図7】A～Dは、本発明の実施の形態2のメタルマスクなしの場合のアクチュエータの製造法を示し、E～Gは同メタルマスク有りの場合の製造法を示す断面説明図。

【図8】A～Fは、本発明の実施の形態2のメタルマスクなしの場合のアクチュエータの製造法を示し、G～J 50

は同メタルマスク有りの場合の製造法を示す断面説明図。

【図9】A～Eは、本発明の実施の形態2の加工基板を使用しない場合のアクチュエータの製造法を示す断面説明図。

【図10】A～Dは、本発明の実施の形態2の加工基板を使用しない場合のアクチュエータの製造法を示す断面説明図。

【図11】A～Eは、本発明の実施の形態2の加工基板を使用しない場合のアクチュエータの製造法を示す断面説明図。

【図12】本発明の実施の形態3のアクチュエータ機構の基本的な構成を示す組み立て図。

【図13】Aは本発明の実施の形態3のアクチュエータ部の駆動素子とディスク面との位置関係を示す断面図であり、Bは同アクチュエータ部の駆動素子とディスク面と垂直な面が成す角度を表す図。Cは本発明の実施例1のアクチュエータの変位の測定データを示す図。

【図14】A～Bは、本発明の実施の形態3のアクチュエータの動作を表す図。

【図15】Aは、本発明の実施の形態3のアクチュエータをハードディスクに応用した場合の構成図であり、BはAの丸部分の部分拡大図である。

【図16】Aは、本発明の実施の形態3のアクチュエータをハードディスクに応用した場合の構成図であり、BはAの丸部分の部分拡大図である。

【図17】Aは、本発明の実施の形態3のアクチュエータをハードディスクに応用した場合の構成図であり、BはAの丸部分の部分拡大図である。

【図18】本発明の実施の形態3のアクチュエータに拘束緩和手段を入れた場合の説明図。

【図19】本発明の実施の形態3のアクチュエータに支点を設けた場合の構成を示す説明図。

【図20】本発明の実施の形態4のアクチュエータの構成を示す斜視図。 40

【図21】A～Dは、本発明の実施の形態4のアクチュエータの動作を示す説明図。

【図22】A1、B1、C1及びD1は、本発明の実施の形態5の圧電式アクチュエータの配線構造を示す斜視図であり、A2、B2、C2及びD2は同断面図。

【図23】A1、B1、C1及びD1は、本発明の実施例20の圧電式アクチュエータの配線構造を示す斜視図であり、A2、B2、C2及びD2は同断面図。

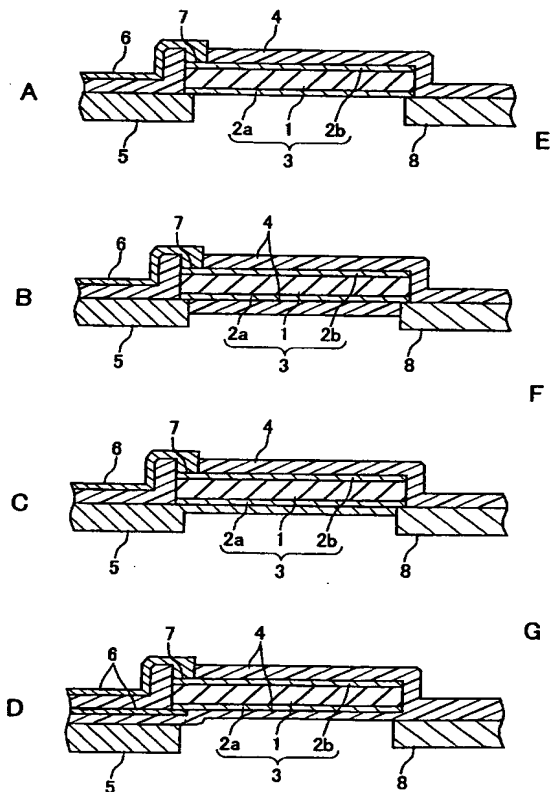
【図24】従来のアクチュエータを表す説明図。

【符号の説明】

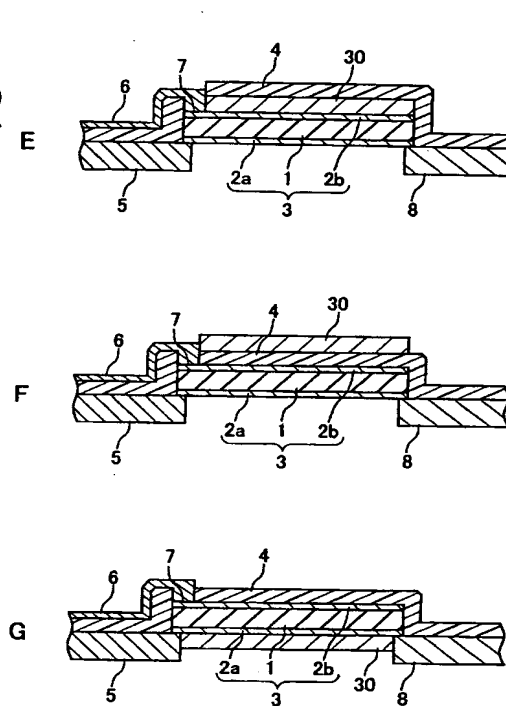
1 圧電薄膜
 2a 下部電極
 2b 上部電極
 3 圧電素子
 4, 12 合成樹脂
 5 固定部
 6 引き出し線
 7 スルーホール
 8 動作させる対象物
 9 チタニウム (Ti)
 10 下地層 (PLT)
 11 メタルマスク

13 ヘッド素子
 14 スライダー
 15, 25 サスペンション
 16 ベースプレート
 17 支点
 18 駆動素子 (微小駆動素子)
 19 ディスク面
 20 拘束緩和手段
 21 ディスク面に垂直な面
 22 マウント部
 23 プレーナー型ピエゾ素子
 24 ヒンジ
 40 基板

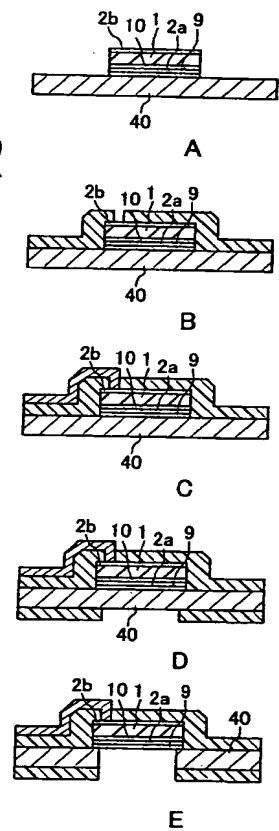
【図1A】



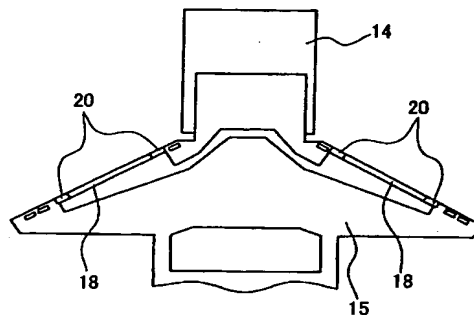
【図1B】



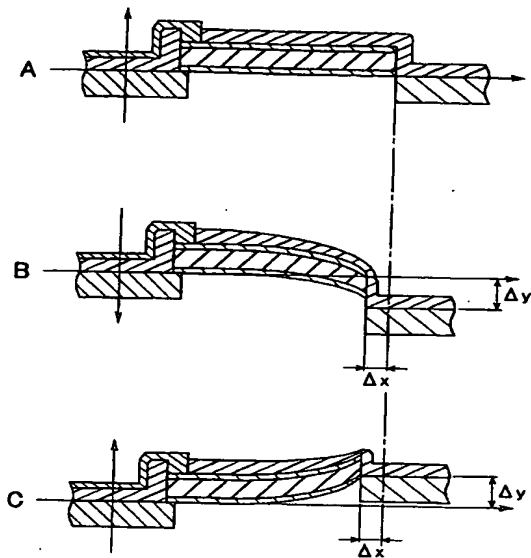
【図9】



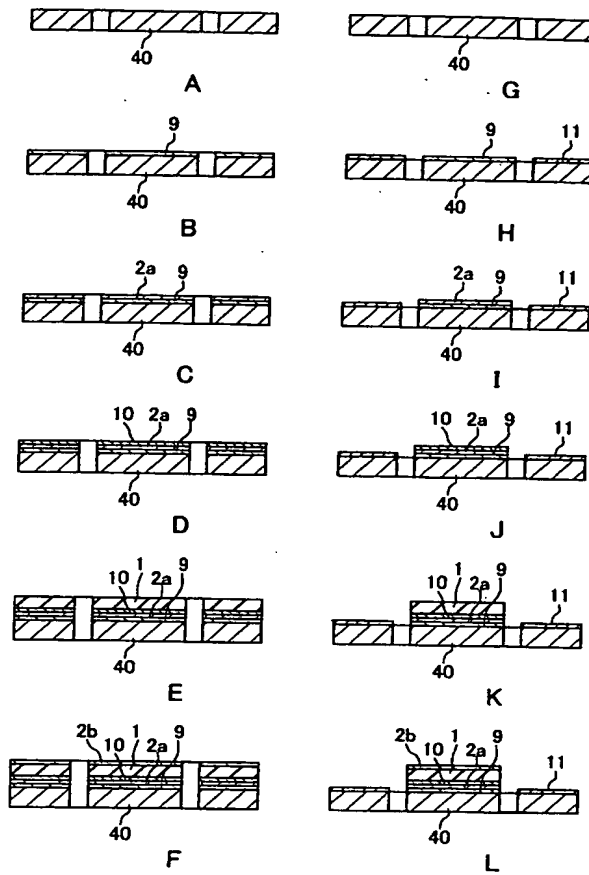
【図18】



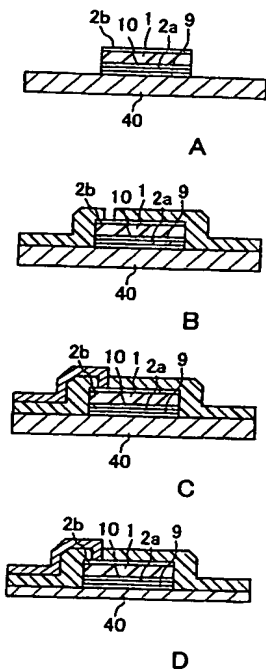
【図2】



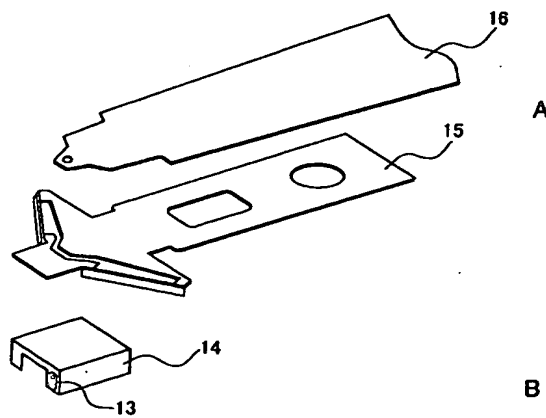
【図3】



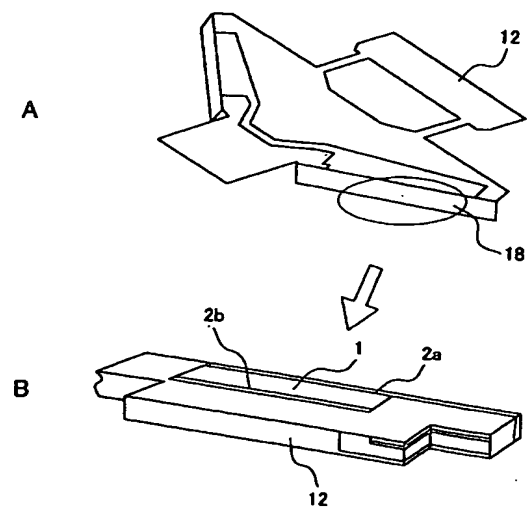
【図10】



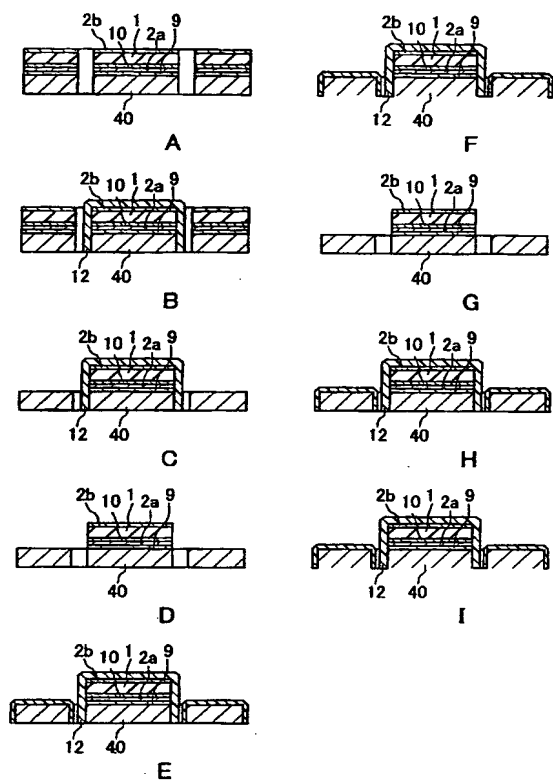
【図12】



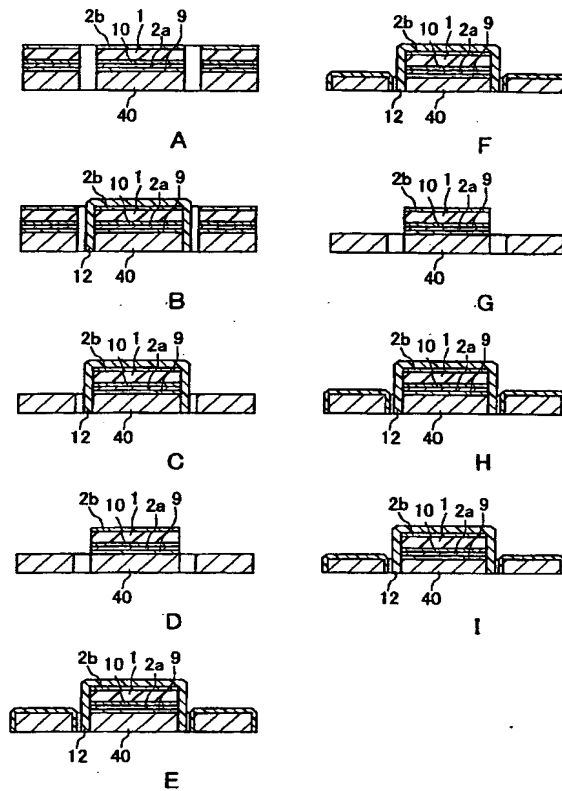
【図15】



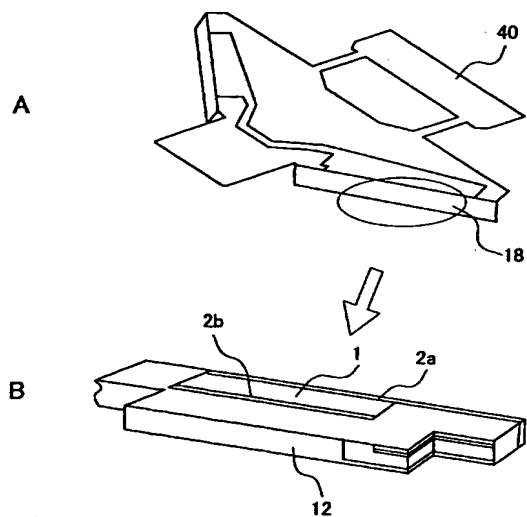
【図 4】



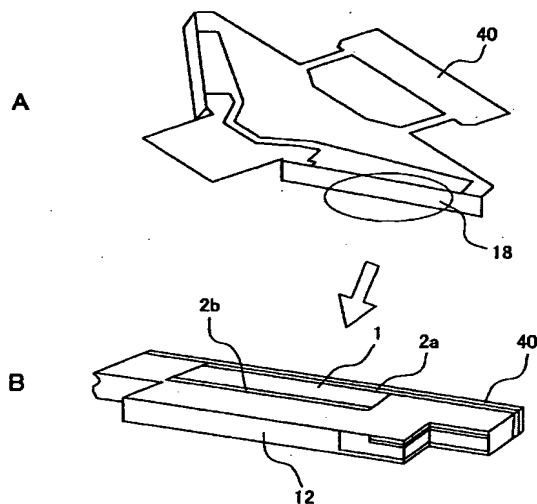
【図 5】



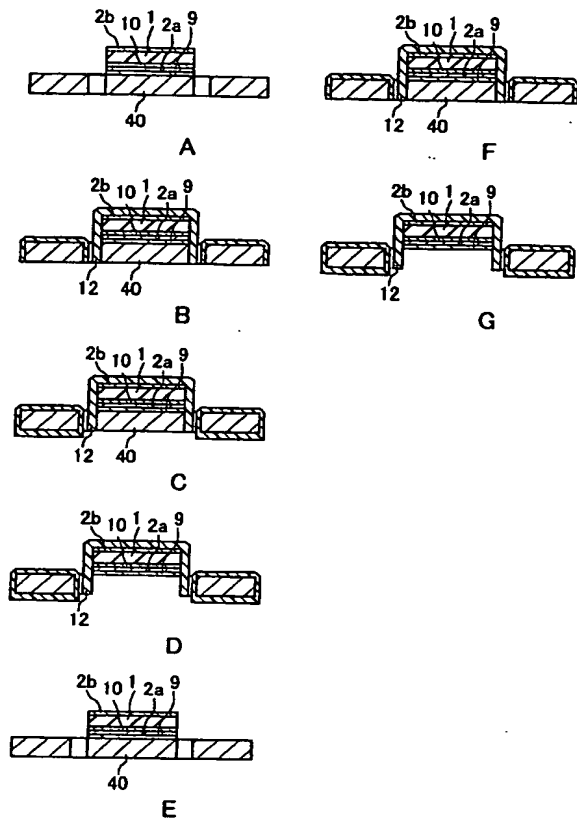
【図 16】



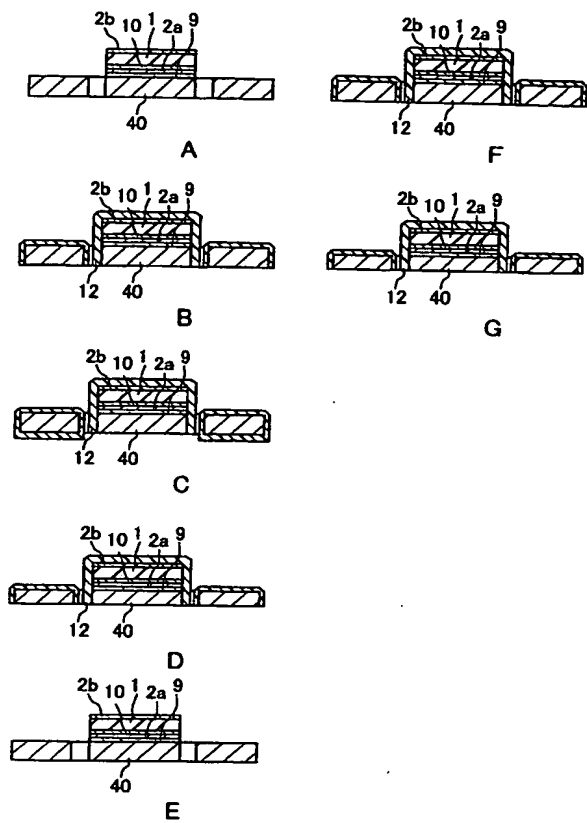
【図 17】



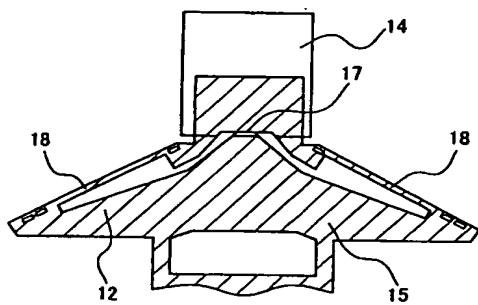
【図6】



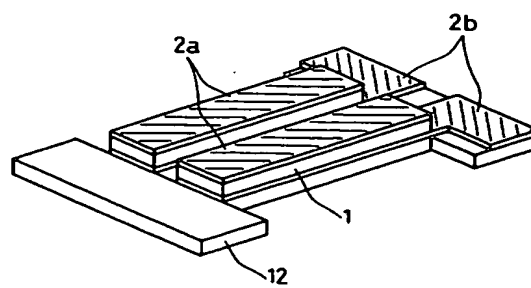
【図7】



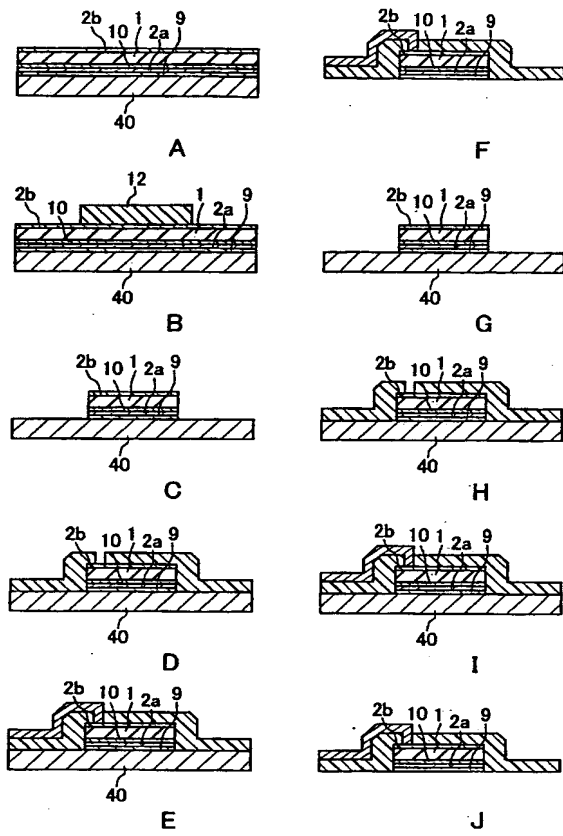
【図19】



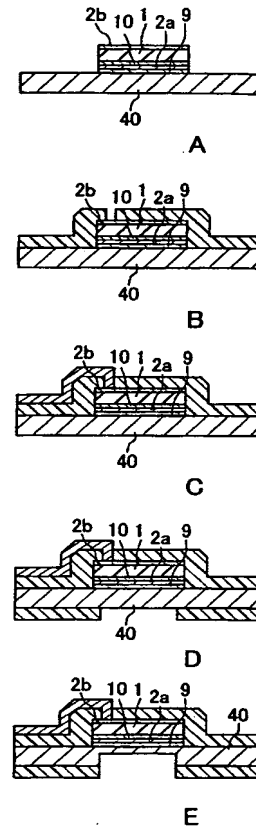
【図20】



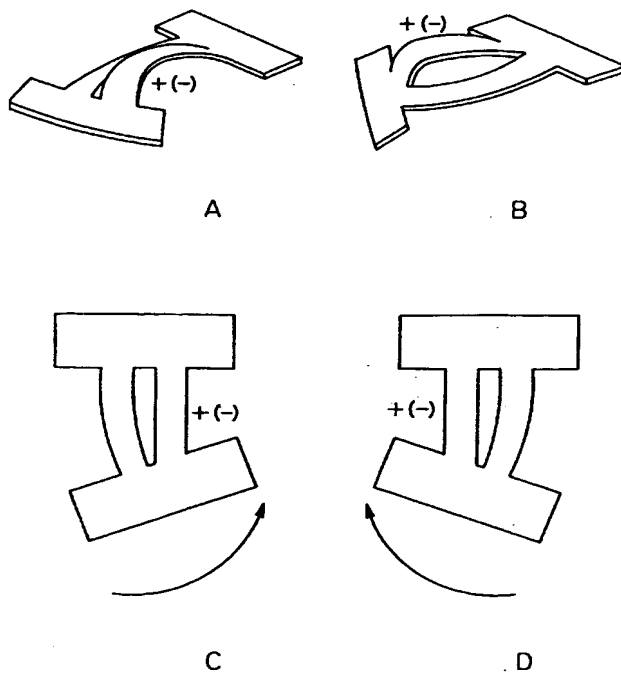
【図 8】



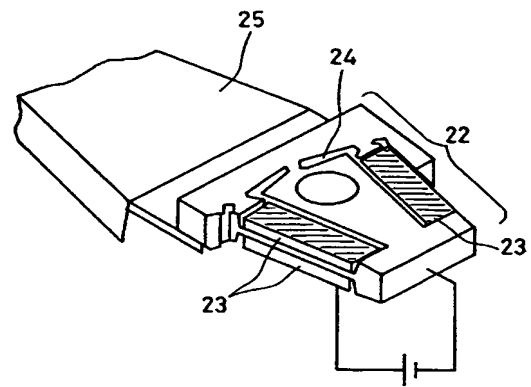
【図 11】



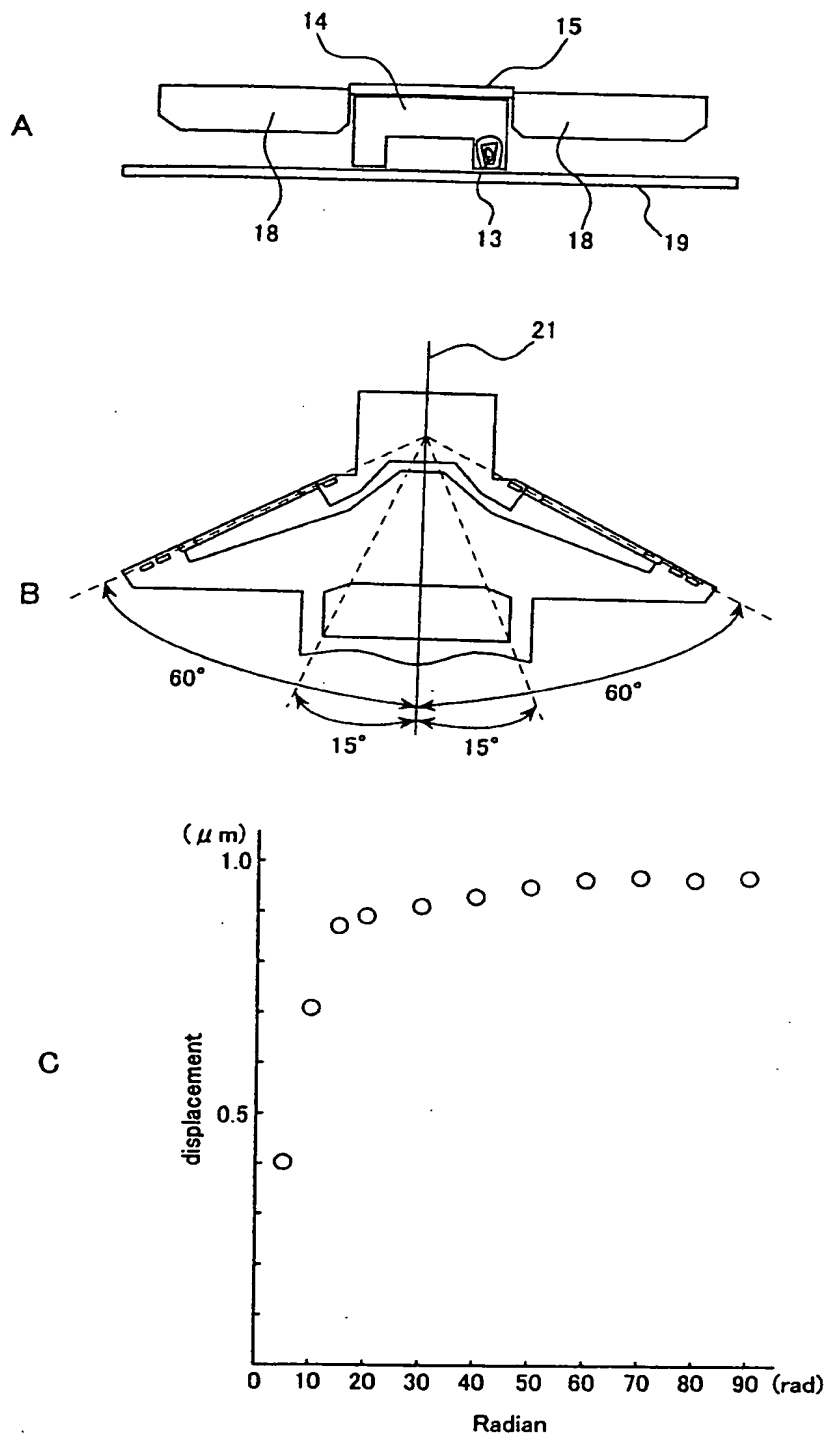
【図 21】



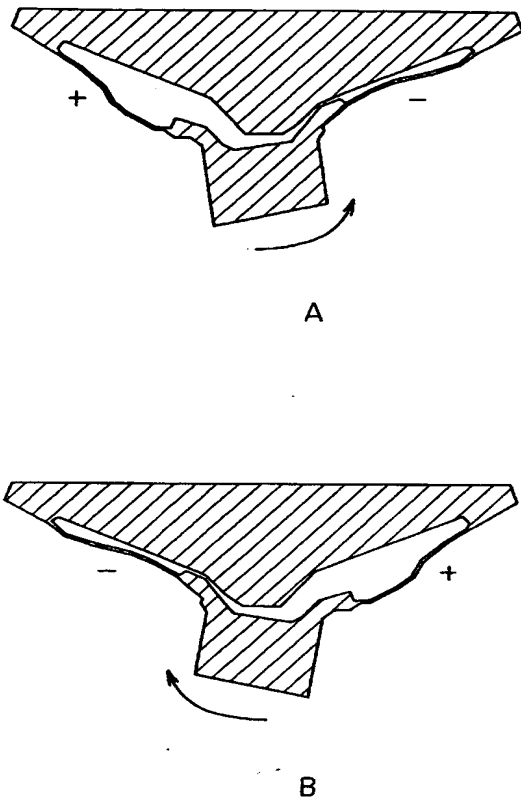
【図 24】



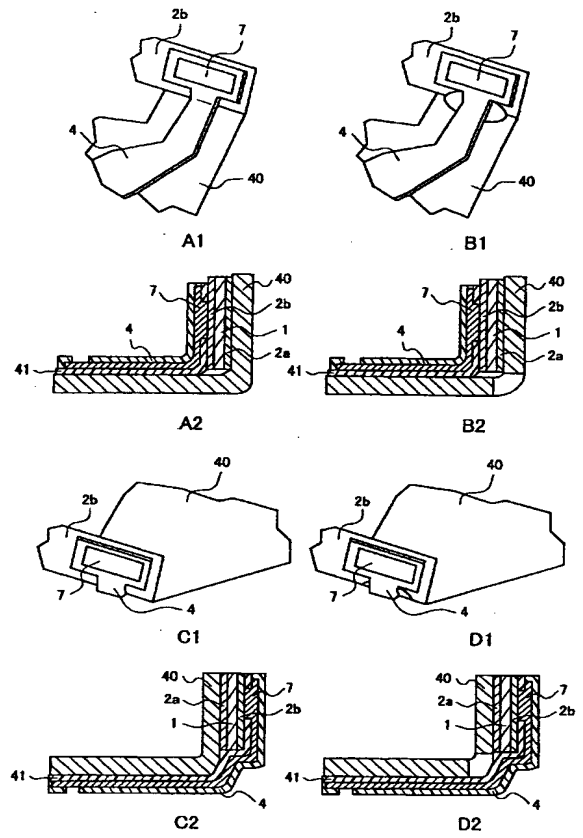
【図 13】



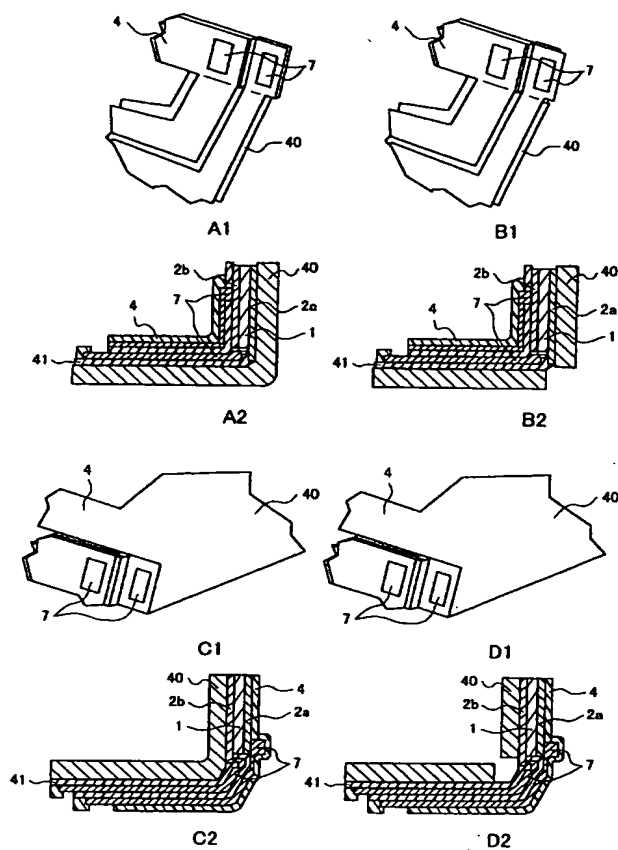
【図14】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H 0 1 L 41/22

識別記号

F I

H 0 1 L 41/08

41/22

タームコード (参考)

U

Z

Fターム (参考) 5D042 LA01 MA15

5D059 AA01 BA01 CA18 DA19 DA26

DA31 EA08

5D096 NN03 NN07

